Ausführliches Handbuch

der

PHOTOGRAPHIE

von

Dr. Josef Maria Eder,

kaiserlich königlicher Director der k. k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie und Reproductionsverfahren in Wien, Docent an der k. k. technischen Hochschule in Wien, Mitglied der Kaiserlich Leopoldinisch-Carolinisch deutschen Akademie der Naturforscher, Ehrenmitglied der Association Belge de Photographie, des Vereins zur Förderung der Photographie in Berlin, des Photographischen Vereines in Berlin, in Wien, in Frankfurt a. M., der Photographic Society of Great Britain, des Photographic Club in London, der London and Provinzial Photographic Association, der deutschen Gesellschaft von Freunden der Photographie in Berlin, des Vereines photographischer Mitarbeiter in Wien, des Club der Amateurphotographen in Graz, der Société Photographique du Sud-Ouest in Angoulême, der Society of Amateur Photographers of New-York, dem Dansk Photographick Forening in Kopenhagen, Inhaber der Goldenen Medaille der Photographischen Gesellschaft in Wien, der Erzherzogin Maria Theresia-Medaille, der gold. Daguerre-Medaille des Club der Amateur-Photographen in Wien, des ersten Preises bei der Internationalen Photographischen Ausstellung in Wien etc.

Mit etwa 1200 Holzschnitten und 12 Tafeln.

Zweite gänzlich umgearbeitete und sehr vermehrte Auflage.

Zweites Heft.

(Ersten Bandes zweites Heft.)

Halle a. S.

Druck und Verlag von Wilhelm Knapp.

1891.

Die

Chemischen Wirkungen des Lichtes

(Photochemie),

Spectralphotographie,

die Photographie im Zusammenhang mit klimatischen Verhältnissen

und die

Actinometrie.

Von

Dr. Josef Maria Eder,

k. k. Director der k. k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie und Reproductionsverfahren etc.

Mit 127 Holzschnitten.

Halle a. S.

Druck und Verlag von Wilhelm Knapp.

1891.

Alle Rechte vorbehalten.

Inhalt des zweiten Heftes.

Die chemischen Wirkungen des Lichtes (Photochemie), Spectralphotographie, die Photographie im Zusammenhang mit klimatischen Verhältnissen und die Actinometrie.

Drittes Capitel.

Seite

Chemische Wirkungen des Lichtes und dessen Beziehungen zu Wärme und Elektricität 149

Allgemeines. S. 150. — Durch Licht bewirkte Veränderungen des Molecularzustandes. S. 155. — Durch Licht bewirkte Verbindungen. S. 158. — Durch Licht bewirkte Zersetzungen. S. 166. — Zusammenhang von Licht und Wärme und abnorme Druck- und Lichtwirkungen. S. 181. — Moser'sche Lichtbilder. S. 182. — Einfluss des mechanischen Druckes auf lichtempfindliche Schichten. S. 183. — Thermographien (Wärmebilder). S. 183. — Niepce's neue Lichtwirkung. S. 184. — Uebertragung der Lichtbilder durch Berührung. S. 187. — Zusammenhang von Licht und Elektricität. S. 188. — Wirkung des Lichtes auf das Capillar-Elektrometer. S. 190. — Wirkung des Lichtes auf das Elektroscop. S. 190. — Wirkung der Elektricität auf photographische Schichten. S. 191. — Elektrographie. S. 196. — Versuche, die Empfindlichkeit der photographischen Platten durch Elektrisiren zu steigern. S. 197. — Einfluss des Magnetismus auf photographische Platten. S. 197.

Viertes Capitel.

Das Sonnenspectrum und dessen chemische Wirkungen 198

Allgemeines über das Licht und das Spectrum. S. 198. — Geschwindigkeit des Lichtes. S. 201. — Helligkeit der einzelnen Bezirke des Sonnenspectrums. S. 202. — Vertheilung der Farben im Sonnenspectrum. S. 202. — Das prismatische Spectrum. S. 203. — Das Diffractionsspectrum. S. 205. — Methode der spectrographischen Untersuchung. S. 208. — Der vom Verfasser benutzte Glas-Spectrograph. S. 214. — Beschreibung des vom Verfasser verwendeten Quarz-Spectrographen. S. 221. — Das Arbeitszimmer. S. 224. — Behandlung der photographischen Platten. S. 224. — Der Ausmessapparat. S. 226. — Das Vergleichsspectrum mit dem zu untersuchenden Spectrum. S. 228. — Das Bezugsspectrum. S. 230. — Spectrograph mittels Diffractionsgitter. S. 231. —

Seite

Anwendung der Spectralphotographie. S. 236. — Wirkung der farbigen Strahlen auf Silbersalze. S. 238. — Papier mit Silbernitrat getränkt. S. 238. — Verhalten des Jodsilbers gegen das Sonnenspectrum. S. 239. — Wirkung auf Bromsilber. S. 241. — Photographie der infrarothen Strahlen auf Bromsilberplatten. S. 244. — Wirkung auf Chlorsilber. S. 245. — Gemenge von Chlor-, Brom- und Jodsilber. S. 247. — Wirkung von Sensibilisatoren und Farbstoffen auf die Farbenempfindlichkeit photographischer Schichten. S. 250. — Sensibilisirende Farbstoffe beim photographischen Collodionverfahren. S. 251. — Die Wirkung der Farbstoffe als Sensibilisatoren auf Bromsilbergelatine. S. 254. — Photochemische Erscheinungen und die Undulationstheorie des Lichtes. S. 258. — Solarisationserscheinungen im Spectrum. S. 258. — Das Verhalten einiger anderer photographisch wirkender Verbindungen im Spectrum. S. 266. — Bedeutung der spectrographischen Untersuchungen für die Photographie. S. 267.

Fünftes Capitel.

Wirkung von Farbstoffen und farblosen Medien in Bezug auf die Photographie 269

Wirkung von farbigen Gläsern und Farbstoffen. S. 269. — Ursachen der Verschiedenheit zwischen optischer und chemischer Leuchtkraft. Helligkeitswerth der Farben. S. 279. — Absorption der actinischen Strahlen durch farblose Medien. S. 281. — Absorption von actinischen Strahlen durch Glas etc. und deren Zusammenhang mit der Photographie. S. 284. — Verlust an Licht bei der Reflexion desselben von einer spiegelnden Glasfläche. S. 288. — Tabelle über den Lichtverlust bei der Reflexion von Spiegeln aus verschiedenem Materiale und jenem in Linsen-Objectiven. S. 288. — Durchlässigkeit verschiedener Stoffe für Wärmestrahlen. S. 289.

Sechstes Capitel.

Lichtempfindlichkeit verschiedener photographischer Präparate. — Nothwendigkeit einer gewissen Anfangswirkung des Lichtes in der Photographie. Vor- und Nachbelichtung 290

Nothwendigkeit einer gewissen Anfangswirkung des Lichtes in der Photographie. Vor- und Nachbelichtung. S. 290. — Nothwendigkeit einer bestimmten Zeitdauer der Lichtwirkung. Photochemische Induction. S. 291. — Lichtempfindlichkeit verschiedener photographischer Präparate. S. 293. — Unregelmässigkeit in den Beziehungen zwischen Dauer der Lichtwirkung und Intensität der photographischen Bilder. S. 295. — Vorbelichtung, Nachbelichtung und Nebenbelichtung. S. 313.

Siebentes Capitel.

Die Photographie im Zusammenhang mit meteorologischen und klimatischen Verhältnissen 320

Verschiedener Gang der chemischen Intensität des Lichtes und der optischen Helligkeit. S. 320. — Abhängigkeit der Lichtintensität von der Sonnenhöhe bei ganz reinem Himmel. S. 321. — Die Vertheilung der chemischen Lichtwirkung.

Seite

S. 323. — Chemische Intensität des Lichtes für Wien und Orte, welche dieselbe geographische Breite haben, zu verschiedenen Zeiten. S. 324. — Chemische Intensität des blauen Himmelslichtes. S. 325. — Chemische Intensität des directen Sonnenlichtes. S. 327. — Gemeinschaftliche Wirkungen des Sonnen- und Himmelslichtes. S. 328. — Tabelle der chemischen Lichtstärken für Berlin und alle Orte gleicher geographischer Breite. S. 329. — Die Lichtvertheilung auf der Erdoberfläche. S. 330. — Verhältniss der chemischen Intensität des directen Sonnenlichtes zu der des zerstreuten Himmelslichtes. S. 324. — Die Schwankungen der chemischen Lichtintensitäten bei scheinbar klarem Himmel im Laufe eines Tages und Absorption der actinischen Strahlen in der Atmosphäre. S. 325. — Einfluss der Bewölkung auf die chemische Intensität des Tageslichtes. S. 328. — Schwankungen der chemischen Lichtintensitäten im Laufe des Jahres. S. 329. — Abnorme Fälle von Unschärfe durch wallende Bewegung der Atmosphäre. Photographie einer Luftspiegelung. S. 341.

Achtes Capitel.

Photographie von Sonne, Mond und Sternen 343

Wirkung des directen Sonnen- und Mondlichtes. S. 343. — Photographie von Mondlandschaften. S. 345. — Photographie der Planeten und Fixsterne. S. 347. — Photographie der Nebelflecken, Kometen, Sternschnuppen und leuchtenden Nachtwolken. S. 350.

Neuntes Capitel.

Die Photometrie der chemisch wirksamen Strahlen und die Prüfung der Empfindlichkeit photographischer Präparate 352

Allgemeines über Photometrie, Actinometrie und Normallicht. S. 352. — Synonyme Bezeichnungen. S. 352. — Princip der Actinometrie oder chemischen Photometrie. S. 353. — Normal-Lichtquellen für photometrische Zwecke und zur Bestimmung der Lichtempfindlichkeit photographischer Präparate. S. 354. — Die Violle'sche Lichteinheit und die Amylacetat-Lampe. S. 355. — Die Normalkerze. S. 358. — Bunsen und Roscoë's Normalflamme mit Kohlenoxyd. S. 359. — Leuchtgasflammen als Normallicht. S. 359. — Magnesium als Normallicht. S. 360. — Phosphorescirende Substanzen als Normallicht. S. 360. — Verschiedene Mass-Einheiten der Actinometrie. S. 361. — Versuch, optische Photometer photographisch zu verwerthen. S. 361. — Photometer mit Chlorgas und Wasserstoffgas oder Kohlenoxydgas. S. 362. — Photometer mit Chlorwasser oder Jodwasserstoffsäure. S. 366. — Photometer mit oxalsauren Eisenoxyd- oder Uranoxydsalzen oder analogen Gemischen. S. 370. — Methoden, bei welchen das entweichende Kohlensäuregas gemessen wird. S. 370. — Gewichtsanalytische Bestimmung des zersetzten Eisensalzes. S. 377. — Bestimmung des durch die Lichtwirkung erlittenen Gewichtsverlustes S. 377. — Das Quecksilber-Oxalat-Photometer. S. 378. — Photometer mit Nitroprussidnatrium sowie Oxalsäure. S. 382. — Photometrie mittels photographischer Papiere. S. 383. — Exposition von gesilberten Papieren bis zur Erreichung einer Normalfärbung. S. 383. — Wissenschaftliche Begründung dieser Methode und ihre Anwendung für die Meteorologie des Lichtes. S. 384. — Büchsenphotometer mit Einer

Farbe zu photographischen Copirzwecken. S. 400. — Fehler des Büchsenphotometers. S 402. — Büchsenphotometer mit mehreren Farbentönen. S. 402. — Scalenphotometer. S. 404 — Röhrenphotometer. S. 410. — Combination der vorhergehenden Methoden. S 414. — Elektrische Photometer. S. 417. — Das Radiometer. S. 424 — Das Phosphorescenz-Photometer. S. 424. — Photometer zur Bestimmung der richtigen Exposition beim Copiren. S 427. — Sensitometer. Apparate zur Ermittelung der relativen Empfindlichkeit photographischer Präparate. S. 427. — Anwendung von Scalenphotometern zur Sensitometrie. — Warnerke's Sensitometer. 428. — Sensitometrie von photographischen Platten unter Benutzung eines Normalfarbentones. S. 433. — Claudet's und Janssen's Sensitometer. S. 433. — Stolze's Sensitometer. S. 435. — Bestimmung der Expositionszeit in der Camera mittels Photometer. S. 435. — Photometrische Prüfung von Linsen auf ihre Lichtkraft. S. 445.

Die chemischen Wirkungen des Lichtes (Photochemie), Spectralphotographie, die Photographie im Zusammenhang mit klimatischen Verhältnissen und die Actinometrie.

„Das Licht das desoxydirt und oxydirt manche Körper. Es entfernt den Sauerstoff aus ihnen, oder macht seine Verbindungen mit den übrigen Bestandtheilen lockerer. Es oxydirt eben so die Körper; es macht die Verbindung des Wasserstoffs mit den übrigen Bestandtheilen lockerer."

Heinrich Link. 1806.
(Die chemischen Eigenschaften des Lichtes. S. 45.)

„Sobald das Licht auf die dephlogistisirte Salzsäure wirkt, zersetzt es sie . . . Da nun aber diese Zersetzung nach und nach geschieht und ihre Geschwindigkeit mit gewisser Einschränkung mit der Intensität des Lichtes im Verhältniss steht, so hatte ich 1787 den Einfall . . . den Versuch zu machen, ob die Menge des Sauerstoffs, den das Licht in einer gewissen Zeit entwickelt, nicht als eine Art von Photometer oder ein Mass der Lichtwirkung angesehen werden könne."

Saussure. 1790.
(Mémoires de l'Academie royale de Turin. Bd. 4, S. 441.)

DRITTES CAPITEL.

CHEMISCHE WIRKUNGEN DES LICHTES UND DESSEN BEZIEHUNGEN ZU WÄRME UND ELEKTRICITÄT.

Literatur:

Zur Photochemie: Link und Heinrich, „Ueber die Natur des Lichtes", 1808. — Landgrebe, „Ueber das Licht", 1834. — Hunt, „Researches on light", 1. Aufl. 1844; 2. Aufl. 1854. — Becquerel, „La Lumière", 1868. — Eder, „Geschichte der Photochemie" (Photogr. Correspond. 1881, S. 9 u. ff.). — Eder, „Ueber die chemischen Wirkungen des farbigen Lichtes", 1879; Auszug. Beibl. Ann. Phys. Chem. 1880. — Vogel, „Lehrbuch der Photographie", 3. Aufl. 1878.

Zur Thermographie: Hunt, Thermography. Philosophic. Magaz. December 1842; auch Poggendorff, Annalen. Bd. 58, S. 326. — Hunt, Researches on Light, London 1844, pag. 219, woselbst Hunt's, Moser's, Knorr's und Karsten's Versuche beschrieben sind. — Moser, „Ueber den Process des Sehens und die Wirkung des Lichtes auf alle Körper". Poggendorff, Annalen. 1847. Bd. 56, S. 177; Bd. 57, S. 23; Bd. 59, S. 155; Bd. 60, S. 40. — Waidele, Moser's unsichtbares Licht. Wien 1843. — Niepce de St.-Victor, Ueber Thermographie. Comptes rendus. 1859. Bd. 58. S. 741 und Bd. 59, S. 1001; Dingler, Polytechn. Journ. Bd. 157, S. 457; Kreutzer, Zeitschr. f. Photographie. Bd. 3, S. 43; Bd. 5, S. 151. — Knorr, Thermographie. Poggendorff, Annalen. 1843. Bd. 58, S. 563. — Draper, Philos. Magaz. Bd. 21, S. 452 und S. 348. — Clauby, Comptes rendus. Bd. 48, S 1026. — Weitere Literatur siehe Fortschr. der Physik. 1845 S. 271.

Zur Elektrographie: Karsten, Poggendorff's Annalen. 1842. Bd. 57; Bd. 58; Bd. 60. — Nedden, Die elektrischen Bilder und die Lichtbilder. Dingler, Polytechn. Journal. 1859. Bd. 154, S. 278; 1860. Bd. 155, S. 295. — Grove, Horn's Photogr. Journal. 1857. S. 39.

Eine gedrängte, aber ausführliche Schilderung unserer Kenntnisse von den chemischen Wirkungen des Lichtes, mit anderen Worten, eine Skizze der „Photochemie" wurde zur Orientirung auf diesem Gebiete vor der speciellen Darstellung der eigentlichen Photographie eingeschoben, da sie den Schlüssel zu einer Reihe von photographischen Processen bilden. Da hier dem Plane des Werkes zufolge unmöglich

auf alle Details eingegangen werden konnte, so wurden die einschlägigen Literaturangaben mit grosser Sorgfalt angegeben, um im Bedarfsfalle ein bequemes Detailstudium zu ermöglichen; die Behandlung ist ungefähr dieselbe, wie sie der Verfasser für den Artikel „Chemische Wirkungen des Lichtes" in Fehling's „Neuem Handwörterbuch der Chemie" einschlug.

I. Allgemeines.

Das Licht veranlasst häufig chemische Processe, molekulare Veränderungen, Verbindungen und Trennungen, welche als photochemische Processe bezeichnet werden. Diejenigen Strahlen des Sonnenspectrums, welche bei diesen Processen die überwiegendste Wirkung zeigen, nennt man häufig „actinische Strahlen", und die chemische Wirkung des Lichtes „Actinismus". Weil auf die Mehrzahl der untersuchten Substanzen das violette Ende des Spectrums am stärksten einwirkt, so bezeichnet man mitunter, nach Wollaston's Vorgange (1802[1]), die brechbaren Strahlen schlechtweg als „chemisch-wirksame oder actinische Strahlen". Es gibt aber keine Farbe, welche chemisch absolut unwirksam wäre, auch das äusserste Roth wirkt auf Silbersalze, ja auf viele Substanzen äussert das rothe Licht einen stärkeren Einfluss, als das violette. Ebenso wenig haltbar ist die Bezeichnung der stärker brechbaren Strahlen als „reducirende" und der weniger brechbaren als „oxydirende", welche von Ritter 1801[e]) und Davy 1812[45]) stammt (s. S. 55 und 79).

---

a) Link und Heinrich, „Ueber die Natur des Lichtes". 1808. — b) Landgrebe, „Ueber das Licht". 1834. — c) Hunt, „Researches on light". 1. Aufl. 1844; 2. Aufl. 1854. — d) Becquerel's „La Lumière". 1868. — e) Eder, „Geschichte der Photochemie" (Photogr. Corresp. 1881. S. 9 u. ff.). — f) Eder, „Ueber die chemischen Wirkungen des farbigen Lichtes". 1879; Auszug Beibl. Ann. Phys. Chem 1880. — g) Vogel, „Lehrbuch der Photographie". 3. Aufl. 1878. — 1) Gilbert's Ann. 31, S. 416; 39, S. 291. — 2) Fortschr. d. Phys. 1850 bis 1851. S. 528. — 3) Krönig, J. Phys. 1. S. 253. — 4) Pogg. Ann. 130, S. 434. — Phil. Mag. [4] 1, S. 368. — 6) Photogr. Journ. of London. 1859; Horn, Phot. Journ. 1860. Bd. 13, S. 25. — 7) Kreutzer. Zeitschr. f. Phot. 1860. Bd. 2, S 357. — 8) Fortschr. d. Phys. 1845. S 276. — 9) Wien. Acad. Ber 80 [2], S. 636. — 10) Pogg. Ann. 56, S. 177. — 11) Ebend. 58. S. 563. — 12) Compt. rend. 48, p. 1001. — 13) Bull. soc. franç Photogr. 875, p. 92. — 14) Moniteur d. Photogr. 1879. p. 16. — 15) Sill. Am. J. 43, p. 185. — 16) Pogg. Ann. 193, S. 595. — 17) Phil. Mag. 19, p. 195; 51, p. 161; [4] 44, p. 422. Chem. Centralbl. 1851. S. 705. Dingler's Journ. Bd. 146, S. 29. Kreutzer's Jahresbericht f. Photographie. 1857. S. 445. Chem. Centralbl. 1873. S. 241. — 18) Pogg. Ann. 143. S. 166. — 19) Ebend. 96, S. 373; 100, S. 43; 101, S. 275; 108, S. 193. — 20) Marchand, „Etude sur la force chimique contenue dans la lumière du soleil". 1875. — 21) Pogg. Ann. 153, S 218. Dt chem. Ges. 6, S. 1302; 7, S. 546, 976; 8, S. 95, 1635. — 22) Jahresber. d. Chem. 1874. S. 170. — 23) Fortschr. d. Phys. 1870. S. 400. —

Die chemisch wirksamen Strahlen zeigen gleichfalls Interferenz- (Arago 1821), Beugungs- (Kastner[2]) und Polarisations-Erscheinungen (Berard 1812[212]), Wartmann 1851[3]) und es behalten alle für das sichtbare Licht giltigen Beziehungen auch für die chemisch wirksamen Strahlen eine unveränderte Geltung. Dies geht schon daraus hervor, dass man jede objective optische Erscheinung photographiren kann; es wäre dies nicht möglich, wenn die strahlende Energie, welche die chemischen Wirkungen des Lichtes erzeugt, durch Reflexion oder Brechung in andere Bahnen gelenkt würde, als die leuchtenden Strahlen. — Das polarisirte Licht bringt chemische Wirkungen hervor (Lerebours 1851[213]) Sutherland[4]), bei welchen die Schwingungsrichtung ohne Einfluss ist (Draper[5]). — Sutherland fand, dass das purpurrothe Licht bei Polarisations-Erscheinungen stärker als das gelbe wirkt, das violette und grüne aber gleich stark wirken[4]). Dubosecq lieferte 1855 Photographien von Polarisations-Erscheinung beim Quarz[214]), denen später andere folgten.

---

24) Compt. rend. 70, p. 941. — 25) Chem. Centralbl. 1874. S. 418. — 26) Chem. Centralbl. 1875. S. 291. — 27) Scherer's J. 10, S. 115. — 28) Pogg. Ann. 24, S. 386. — 29) Annal. chem. phys. 1867. [4] 10, p. 194. — 30) Jahresber. d. Chem. 1867. S. 108; 1872. S. 131. Photogr. Mitth. 1867. Bd. 3. S. 149. Phot. Corresp. 1877. S. 65. — 31) Dingl. pol. J. 201, S. 144. — 32) Pogg. Ann. 143, S. 439. — 33) Compt. rend. 9, p. 376. — 34) Chem. Centralbl. 1880. S. 565. — 35) Fortschr. d. Phys. 1869. S. 414. — 36) Ebend. 1857. S. 266. — 37) Ebend. 1857. S. 267. — 38) Jahresber. d. Chem. 1848. S. 221. — 39) Dt. chem. Ges. 1871. S. 459. — 40) Jahresber. der Chem. 1871. S. 180. — 41) J. pr. Chem. [2] 7, S. 376. — 42) Pogg. Ann. 6, S. 19; 12, S. 144. — 43) Phot. Arch. 1866. S. 132. — 44) Ann. chem. phys. [3], 37, p. 297. — 45) Davy, Elemente d. chem. Theils d. Naturwiss. 1814. S. 185. — 46) Pogg. Ann. 9, S. 171. — 47) Jahres. d. Chem. 1865. S. 96. — 48) Ebend. 1865. S. 96. — 49) Hofmann, Moderne Chem. 4. Aufl. S. 55. — 50) Fortschr. d. Phys. 1850. S. 522. — 51) Ebend. 1856. S. 522. — 52) Ann. chem. phys. 47, p. 191. — 53) Fortschr. d. Phys. 1850. S. 522. — 54) Jahresber. d. Chem. 1859. S. 223. — 55) Ebend. 1864. S. 279. — 56) Chem. Centralbl. 1879. S. 372. — 57) J. pr. Chem. 1854. S. 475. — 58) Jahresber. d. Chem. 1855. S. 189. — 59) Photogr. Archiv. 1865. S. 25, 81. — 60) Chastaing. Ann. ch. phys. 1877. p. 145; Auszug Beibl. Ann. Phys. Chem. 1877. S. 517. — 61) Compt. rend. 69, p. 397. — 62) Chem. Centralbl. 1870. S. 370. Jahresbericht d. Chem. 1873. S. 164. — 63) Chem. Centralbl. 1881. S. 401. — 64) Dingl. pol. J. 191, S. 173. — 65) Compt. rend. 1865. p. 321, 981. — 66) Jahresber. d. Chem. 1871. S. 185. — 67) Bull. soc. franç. photogr. 1858. p. 213. — 68) Jahresber. der Chem. 1855. S. 189. — 69) Compt. rend. 59, p. 85. — 70) Dingl. pol. J. 134, S. 302; 139, S. 37. — 71) Jahresber. d. Chem. 1855. S. 189. — 72) Dingl. pol. J. 132, S. 65. — 73) Ebend. 134, S. 297. — 74) Ebend. 139, S. 37. Jahresber. d. Chem. 1855. S. 188. — 75) Phot. Corresp. 1871. S. 8. — 76) Ebend. 1879. S. 171. — 77) Photogr. Wochenbl. 1881. S. 234. — 78) Dingl. pol. J. 199, S. 511. — 79) Photogr. Corresp. 1881. S. 29. — 80) Dingl. pol. J. 179, S. 87. — 81) Ebend. 65, S. 63; 134, S. 297; 151, S. 440. — 82) Phot. Arch. 1871. S. 97. — 83) A. Vogel, Trommsdorff's J. f. Pharm. 16, 1. S. 173; 22, 2. S. 68. Schweigg. J. 9, S. 236. Gilbert's Ann. 18, S. 375.

Betreffs der Theorie der Photographie in natürlichen Farben hatte bereits Zenker in seinem Buche „Die Photochemie“ (1868) die Theorie „der stehenden Wellen“ aufgestellt. D. Wiener in Strassburg veröffentlichte in „Wiedemann's Annalen der Physik und Chemie“ (1890) Untersuchungen, wo diese Ansicht Bestätigung findet. Wiener stellte eine auf einer Glasplatte ruhende sensibilisirte Collodionhaut von $^1/_{30}$ Wellenlänge Dicke schräg zu einem Silberspiegel auf. Fällt nun das Licht auf den Spiegel, so wird dasselbe reflectirt und überall da, wo sowohl ein sog. Wellenberg mit einem Wellenberg oder Wellenthal mit einem Wellenthal zusammentrifft, wird auf der empfindlichen Haut durch das auf diese Weise verstärkte Licht eine Wirkung erzeugt, während am Punkte des Zusammentreffens eines Wellenberges mit einem Wellenthal Auslöschung des Lichtes erfolgt, also ein Hellbleiben der Schicht resultirt.

— 84) Compt. rend. 9, p. 255. — 85) Field, „Chromatographie“, 1836. — 86) Erdmann's J. techn. Chem. 14, S. 33, 445. — 87) Suckow, „Ueber die chemischen Wirkungen des Lichtes“. 1832. S. 40. Pogg. Ann. 32, S 387. — 88) Repert. Pharm. 51, S. 27. — 89) Trommsdorff's J. Pharm. 18, S. 221. — 90) Stamm's Neueste Erfahrungen. 1856. S. 53. — 91) Jahresber. d. Chem. 1859. S. 34. — 92) Phot. Mitthl. 15, S. 91, 107. — 93) Ebend. 14, S. 49. — 94) Ebend. 15, S. 91, 107. — 95) Ebend. 19, S. 48. — 96) Ebend. 16, S. 179. — 97) Ebend. 19, S. 50. — 98) Beibl. Ann. Phys. Chem. 1881. S. 286. — 99) Buchner, Repert. Pharm. 57, S. 335. — 100) Pogg. Ann. 94, S. 597; 97, S. 304. — 101) Phot. Corresp. 1866. S. 62. — 102) Jahresber. d. Chem. 1877. S. 138. — 103) Jahrber. Chemie. 1879. S. 182; 1880. S. 195. — 104) Fortschr. d. Phys. 1869. S. 413. — 105) Zeitschr. anal. Chem 1877 S. 114. — 106) Chem. Centralbl. 1880. S. 6. — 107) Ebend. 1876. S. 49. — 108) Schweigg. J. Chem. Phys. 9, S. 18. — 109) Buchner, Repert. Pharm. 38, S. 281. — 110) Chem. Centralbl. 1875. S. 610. — 111) Fortschr. d. Phys. 1878. S. 360. — 112) Eder, „Reactionen der Chromsäure u. d. Chromate auf org. Substanzen in ihren Beziehungen zur Photographie“. 1878; Auszug: J. pr. Chem. 1879. 14, S. 294. — 113) Compt. rend. 1843. 36, p. 780. — 114) Ebend. 42, p. 20; 52, p. 95; 62, p. 95. — 115) Arch. Pharm. [3] 2, S. 41. — 116) Chem. Centralbl. 1865. S. 383. — 117) Jahresber. d. Chem. 1874. S. 171. — 118) Ebend. 1863. S. 101. Fortschr. d. Phys. 1874. S. 602. — 119) Dingl. pol. J. 159, S. 144; 162, S. 298; 169, S. 276. — 120) Dass unter gewissen Umständen dennoch die Wärme einwirkt s. Zantedeschi und Borlinette, Wien. Acad. Ber. 21, S. 243 und Abney 204. — 121) Wien. Acad. Ber. 82 [2]. 1880. — 122) Chem. Centralbl. 1870. S. 81. — 123) Ebend. 1871. S 114. — 124) Ebend. 1871. S. 591. — 125) Fortschr. d. Phys. 1864. S. 265. — 126) Jahresber. d. Chem. 1867. S. 109. — 127) Fortschr. d. Phys. 1846. S. 228. — 128) Ebend. 1849. S. 206. — 129) Chem. Centralbl. 1870. S. 84. — 130) Ebend. 1870. S. 182. — 131) Kreutzer, Jahresber. Photogr. 1857. S. 64. — 132) Fortschr. d. Phys. 1858. S. 282. — 133) Ebend. 1869. S. 408. — 134) Moniteur de la Photogr. 1878. p. 164. — 135) Phot. Mitth. 1867. 4, S. 206. — 136) Ann. Ch. Pharm. 113, S. 114. — 137) Ebend. 122, S. 113. — 138) Kreutzer, Zeitschr. f. Photogr. 1860. S. 252. — 139) Beibl. Ann. Phys. Chem. 1880. — 140) Photogr. Arch. 1865. S. 1. — 141) Wien. Acad. Ber. 66, [3]. —

Im Allgemeinen gilt das folgende Gesetz der photochemischen Wirkung:

Der photochemische Effect ist gleich dem Producte aus Zeitdauer der Lichtwirkung und Lichtintensität. (Vergl. unten: Roscoë's Chlorsilberpapier-Photometer.)

Nur jene Lichtstrahlen verursachen die chemische Veränderung eines Körpers, welche von diesem Körper verschluckt werden und zwar sprach Draper zuerst den Satz aus: Bei jeder durch das Licht verursachten Veränderung eines Körpers werden gewisse Strahlen von bestimmter Brechbarkeit absorbirt und ohne Absorption ist überhaupt keine photochemische Veränderung möglich (Draper[17]), Schultz-Sellack[18]), H. W. Vogel, Eder). Während des photochemischen Processes wird Licht absorbirt und zwar mehr, als dieselbe Substanz davon absorbiren würde, wenn das Licht durchginge, ohne eine chemische Action auszuüben; man unterscheidet daher zwischen optischer und chemischer Absorption (Extinction) des Lichtes. Der chemische Extinctionscoëfficient für Chlorknallgas wurde von Bunsen und Roscoë scharf bestimmt[19]). Das Licht, welches durch Chlorknallgas, Ammoniumferricitratlösung (Draper[17]), ein Gemisch von Eisenchlorid und Oxalsäure (Marchand[20]), Quecksilberchlorid und Ammoniumoxalat (Eder[9]) etc. gegangen ist, übt zum zweiten Mal auf dieselbe Substanz keine chemische Wirkung aus.

---

142) Ann. Ch. Pharm. 72, S. 106. — 143) Schweigg. J. 13, S. 358. — 144) Buchner, Repert. Pharm. 49, S. 112. — 145) Fortschr. d. Phys. 1848. S. 195. — 146) Polyt. Centralbl. 1856. S 1076 Compt. rend. 42, p. 636. — 147) Pogg. Ann. 127. S. 493. Chem. Centralbl. 1866. S. 606. — 148) Wien. Acad. Ber. 80 [2], S. 636: Auszug Beibl Ann. Phys. Chem. 1880. — 149) Trommsdorff's N. J. Pharm. 10, 1. S. 188. — 150) Eder, Photographie mit Bromsilber-Emulsionen. 1881. — 151) J. pr. Chem. 8, S. 63. — 152) Brandes, Arch. Pharm 11, S. 250. — 153) Dingl. pol. J. 151, S. 440. — 154) Kastner's Arch. 9, S. 349 — 155) J. pr. Chem. 10, S. 380. — 156) Schweigg. J. 47, S. 122. — 157) Ann. Ch. Pharm. 155, S. 204. — 158) J. pr. Chem. 3, S. 225. — 159) Fortschr. d. Phys. 1845 S 279. — 160) Journ. f. pr. Chem. 12, S. 250. — 161) Fortsch. d. Phys. 1845. S. 281. — 162) Dingler's pol. Journ. 144, S 440. — 163) Schweigg. J. 9, S. 403. — 164) Pogg. Ann. 119, S. 497. — 165) Fischer, „Ueber die Wirkung des Lichtes auf Hornsilber". 1814. — 166) Jahresber. d. Chem. 1851. S. 369. — 167) Pogg. Ann. 46, S. 632. — 168) Kreutzer, Zeitschr. Photogr. 1861. S 189. — 169) Pogg. Ann. 117, S. 529. — 170) Ebend. 48, S. 220. — 171) Jahresber. d. Chem 1865. S. 96. — 172) Ebend. 1866. S. 81. — 173) Fortschr. d. Phys. 1864 S. 255. — 174) Jahresber. d. Chem. 1867. S. 110. — 175) Beibl. Ann. Phys. Chem. 1879. S. 621. — 176) Buchner, Repert. Pharm. 63, S. 220 — 177) Ber. bair. Acad.; Phot. Mitthl. 1864. 1, S. 121. — 178) Sill. Am. J. [3] 15, p. 189. Phot. Mitthl. 15, S. 51. — 179) Dt chem. Ges. 12. S. 136. — 180) Phil. Mag. 19, p. 186. — 181) Chem. Centralbl. 1879 S. 367. — 182) J. pr. Chem. [2] 12, S. 39. — 183) Fortschr. d. Phys. 1845. S. 281. — 184) Phot. Mitth. 13, S. 217. — 186) Arch. Pharm. 74, S. 1. Phot. Arch. 1860. S. 115. — 187) Pogg. Ann. 125,

H. W. Vogel und J. M. Eder fanden, dass nicht nur die Absorption des lichtempfindlichen Körpers selbst, sondern auch die Absorption von beigemengten Stoffen bei der chemischen Wirkung des Lichtes eine wichtige Rolle spielen könne. Viele beigemengte Farbstoffe machen Brom-, Jod- und Chlorsilber für diejenigen Strahlen des Spectrums empfindlich, welche von dem Farbstoff optisch absorbirt werden, wodurch man im Stande ist, die genannten Silbersalze lichtempfindlich zu machen für die bis dahin photographisch unwirksam gehaltenen gelben und rothen Strahlen des Spectrums. Diese Stoffe nennt man nach H. W. Vogel optische Sensibilisatoren[21]) [f]) oder Farbensensibilisatoren. Dieselben wurden in ihrem Verhalten gegen Bromsilbergelatine ausser von Vogel namentlich von J. M. Eder (Sitzber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in

---

S. 329. — 188) Ebend. 153, S. 218. — 189) Dt. chem. Ges. 13, S. 1204; 14, S. 1024. — 190) Wien. Acad. Ber. 81 [2], S. 679. — 191) Pogg. Ann. 58, S. 107. — 192) Beibl. Ann. Phys. Chem. 1880. S. 615. — 193) Fortschr. d. Phys. 1846. S. 235. — 194) Ebend. 1848. S. 194. — 195) Phil. Mag. [5] 11, p. 300. Beibl. Ann. Phys. Chem. 1881. S. 509. — 196) Amer. J. of Science. Phot. Corresp. 1877. S. 205. — 197) Jahresber. d. Chem. 1868. S. 108. — 198) Ann. Ch. Pharm. 122, S. 113. — 199) Jahresber. d. Chem. 1864. S. 593; 1866. S. 680. — 200) Ann. Ch. Pharm. 122, S. 113. — 201) Zeitschrift anal. Chem. Phot. Arch. 1864. S. 430. — 202) Compt. rend. Phot. Mitthl. 1867. 4, S. 207. — 203) Dt. chem. Ges. 7, S. 88. — 204) Ueber die günstigsten Bedingungen hierzu s. Abney, Phil. Trans. 1850. 2, p. 653. Beibl. Ann. Phys. Chem. 1881. S. 507. — 205) Dt. chem. Ges. 10, S. 1383. — 206) Fortschr. d. Phys. 1871. S. 468. — 207) Ebend. 1874. S. 609. — 208) Dt. chem. Ges. 1874. S. 358. — 209) Pogg. Ann. 117, S. 316. — 210) Jahresber. d. Chem. 1875. S. 147. — 211) Pogg. Ann. 97, S. 135. — 212) Fortschr. d. Phys. 1850—51. S. 528. — 213) La Lumière. 1851. Bd. 1, S. 79. — 214) Kreutzer, Jahresber. f. Photogr. 1855. S. 491. — 215) Jahresbericht f. Chem. 1880. S. 194. — 216) Pogg. Ann. Bd. 24, S. 387. — 217) Philosoph. Magazine. 1849. Bd. 35, S. 439. — 218) Peligot: Le Verre, son histoire etc. 1877. S. 49. — 219) Phot. Mitth. Bd. 8, S. 188. — 220) Dingler, Polyt. Jour. Bd. 82, S. 192. — 221) Ebend. Bd. 81, S. 149. — 222) Phot. Arch. 1872. S. 262. — 223) Fehling, Neues Handwörterbuch der Chemie. Bd. 3, S. 1147. — 224) Phot. Arch. 1875. S. 13. — 225) Fortschr. d. Phys. 1852. S. 341. — 225a) London. Phot. Society. Bd. 7, S. 48. Kreutzer, Zeitschr. f. Phot. 1861. Bd. 3, S. 107. — 226) London. Phot. Society. Bd. 6, S. 233. Kreutzer, Zeitschr. f. Phot. 1860. Bd. 1, S. 191. — 227) Phot. Mitth. 1878. Bd. 15, S. 108. — 228) Brit. Jour. Bd. 7, S. 98. Kreutzer, Zeitschr. f. Phot. 1860. Bd. 2, S. 229. — 229) Horn's Phot. Journ. 1857. S. 39. — 230) Bibl. universelle. Bd. 33, S. 400. Pogg. Ann. 1841. Bd. 130, S. 43. — 231) La lumière. 1851. Bd. 1, S. 118. — 232) France industrielle. 1841. Dingler, Polytech. Journ. Bd. 81, S. 157 und Bd. 154, S. 281. — 233) Horn, Phot. Journ. 1858. Bd. 10, S. 95. — 234) Phot. Mitth. 1878. Bd. 15, S. 209. — 235) Phot. Mitth. 1879. Bd. 15, S. 303. Auch Dumas liess Elektricität während der Exposition durch die Platte strömen (Bull. soc. franç. phot. 1875. 1. Bull. Assoc. belge. phot. Bd. 1, S. 250). — 236) Der Naturforscher. 1877. Bd. 10, S. 205; 1881. Bd. 13, S. 31. — 237) Journ. f. pract. Chem. Bd. 27, S. 385.

Wien. 1884. Bd. 90; 1885. Bd. 92: vergl. dieses Handbuch 3. Band), Schumann und Zettnow (Phot. Corresp. 1890) untersucht. Es zeigen aber nicht alle Farbstoffe diese Wirkung[21]), und bei anderen lichtempfindlichen Substanzen, wie Ammoniumferrioxalat, Kaliumchromat, Urannitrat, Ferridcyankalium ist ein Einfluss der sogenannten optischen Sensibilisatoren gar nicht zu erkennen (Carey Lea[22]). [Siehe weiter unten.]

Ueber den Zusammenhang von Licht- und Wärmewirkung, sowie Einfluss der Elektricität s. u.

II. Durch Licht bewirkte Veränderungen des Molekularzustandes.

Weisser Phosphor wird im Sonnenlichte roth (Böckmann 1800, Parrot 1800, Seebeck 1813), sowohl unter Wasser, Alkohol, Aether, als im Vacuum, im Wasserstoff- oder Stickgas (A. Vogel 1813), oder Olivenöl, Terpentinöl, Steinöl (Brugnatelli); die Umwandlung in amorphen Phosphor findet auch bei Abwesenheit von Feuchtigkeit, selbst im zerstreuten Lichte und bei einer Temperatur von —14 Grad statt (Schrötter). Es wirken besonders die stärker brechbaren Strahlen des Spectrums (Draper). In ähnlicher Weise wirkt das Licht auf den in Schwefelkohlenstoff gelösten Phosphor; während der Action werden die Strahlen von *H* bis ins Ultraviolette absorbirt (Lallemand[23]). — Schwefel, der bei 130 Grad geschmolzen ist, bedeckt sich in der Sonne an der Oberfläche mit in Schwefelkohlenstoff unlöslichem Schwefel, nicht aber im Dunkeln; dagegen erleidet fester Schwefel im Sonnenlichte keine Veränderung (Berthelot[24]). Eine concentrirte Lösung von Schwefelkohlenstoff in einer zugeschmolzenen Röhre der Wirkung der concentrirten Sonnenstrahlen ausgesetzt, scheidet unlöslichen Schwefel ab; das austretende Licht ist aller Strahlen über *G* hinaus beraubt [Lallemand[23]). Berthelot[24])].

Auch Monkmann untersuchte die Wirkung des Lichtes auf Schwefel, wobei in ähnlicher Weise wie bei Selen, jedoch in kleinem Masse, ein Einfluss auf das Elektrometer beobachtet wurde (Proceed. Royal. Soc. 1889, Vol. XLVI, S. 136; Phot. Archiv. 1889. S. 379).

Setzt man fein zertheiltes amorphes Selen den Sonnenstrahlen aus, so wird es allmählich in krystallinisches übergeführt (Hittdorf). Krystallinisches Selen leitet die Elektricität besser, während es beleuchtet ist, als im Dunkeln. Auf diese Eigenschaft des Selens hin, wurde das „Selenphotometer" und der „Lichtsprecher" oder das „Photophon" construirt. May fand 1872 zuerst die erwähnte Eigenthümlichkeit des Selens, im Lichte eine bedeutende Leistungsfähigkeit für Elektricität anzunehmen. Siemens zeigte, dass dünne Scheibchen Selen, auf 200 Grad

erhitzt, und alsdann abgekühlt, eine ausserordentliche Lichtempfindlichkeit besässen (s. Photometer), Bell endlich construirte 1878 das Photophon.

Bell's Photophon besitzt folgende Einrichtung. In dem Kreis einer galvanischen Batterie ist ein Telephon und eine dünne Platte aus krystallinischem Selen eingeschaltet. Wird nun das Selen durch Licht bald erleuchtet, bald verdunkelt, so ändert sich ebenso oft der galvanische Widerstand des Selens als die Beleuchtung wechselt und man hört dem entsprechend im Telephon einen Ton, dessen Schwingungszahl gleich ist der Anzahl der Belichtungen in der Secunde. Es genügt zu der Belichtung ein Bündel paralleler Sonnenstrahlen, welches von einem dünnen versilberten Glasspiegel zurückgeworfen wird. Derselbe kann bis 250 m und darüber von der Selenplatte entfernt sein. Spricht man von der Rückseite gegen einen dünnen Spiegel, so biegt sich derselbe abwechselnd, so dass er bald convex, bald eben, bald concav ist. Dem entsprechend zerstreuen sich die von ihm zurückgeworfenen Lichtstrahlen bald auf eine grössere, bald auf eine kleinere Fläche. Die Beleuchtungsintensität am Selen ändert sich damit gleichfalls periodisch und man hört im Telephon einen Ton[215]).

Chlorgas soll nach Draper[36]) durch Insolation so modificirt werden, dass es sich dann auch im Finstern mit Wasserstoff vereinigt, was Roscoë[37]) und Becquerel und Frey[45]) widerlegten. Nach Favre und Silbermann[38]) entwickelt bestrahltes Chlor bei der Asorption in Kalilauge 478.85 Wärmeeinheiten, unbestrahltes nur 439,70. Die von Budde[39]) und Melloni[40]) ausgesprochene Vermuthung, dass sich das Molekül Chlor im Lichte in Atome spalte, wurde von Ersterem später widerrufen[41]).

Zinnober wird im Lichte allmählich schwarz (Vitruvius, Plinius s. I. Cap. S. 5), indem sich aus dem krystallinischen rothen nunmehr schwarzes amorphes Quecksilbersulfid bildet. Auf nassem Wege bereiteter Zinnober erleidet diese Veränderung rascher, als sublimirter; unter alkalischer Lösung erfolgt die Schwärzung sehr rasch, langsamer unter Wasser, nicht unter Salpetersäure [Heumann[25]), Böttger[26])]. Quecksilber und Schwefel vereinigen sich in zugeschmolzenen Röhren nur bei Lichtzutritt zu rothem, sonst zu schwarzem Schwefelquecksilber (Schrötter[141]). — Durchsichtiger natürlicher rother Realgar verliert in der Sonne die Durchsichtigkeit und bedeckt sich mit einem gelben Beschlag (Sage[27]). — Rothspiessglanzerz soll ebenfalls vorzugsweise an den von Licht getroffenen Stellen undurchsichtig werden (vergl. S. 63 und 95). — Der Hyacinth verliert im Lichte Glanz und Farbe (Richter[28]).

Hellrothe Krystalle von Hyacinth nehmen im Sonnenlichte sehr schnell eine rothbraune Farbe an (Michel, Beibl. Annal. Phys. Chem.

1887. S. 441). — Auch farbige saphirblaue Achate ändern sich im Lichte (Dutrembley du May; Beibl. Annal. Phys. Chem. 1887. S. 147). — Grüner Feldspath (Amazonenstein) aus Annaberg (Schweden) wird im Lichte nach Erdmann dunkler grün (Naturforscher 1882. S. 472).

Fast alle farblosen Gläser ändern im Lichte ihre Farbe, indem sie mehr oder weniger gelb, grünlich, violett, purpurfarbig etc. werden. Diese Erscheinung beobachtete schon Faraday 1823[216]) und Splittberger 1839[217]). Am ausführlichsten beschäftigte sich Gaffield seit 1863 mit diesem Gegenstande[30]). Er fand, dass Fensterglas die oben erwähnten Farben schon nach einem Jahre zeigt und dass der Farbenton allmählich sehr dunkel wird. Es gibt fast kein Glas, welches den Wirkungen der Sonnenstrahlen auf die Dauer Widerstand leistet. Am haltbarsten sind farbloses Kaliglas oder künstlich gefärbte, z. B. blaue Gläser. Mit diesem Gegenstande beschäftigen sich noch Bontemps[217]), Pelouze[29]), Peligot[218]). Rasch erkaltetes farbloses Kupfer- oder Goldglas wird durch lange Lichtwirkung, ähnlich wie beim sogenannten „Anlaufen durch Wärme", roth, ohne dass in einem dieser Fälle eine chemische Aenderung der Zusammensetzung einträte (Knapp[31]).

Jodsilberkrystalle (aus Jodwasserstoffsäure erhalten) färben (reduciren) sich nicht im Lichte, aber zerfallen schnell zu Pulver. Brom- und Chlorsilberkrystalle ändern ebenfalls ihre Structur, werden trübe und verlieren ihren Glanz. Zu diesen Processen ist eine beträchtliche Anfangswirkung des Lichtes nothwendig (s. unten). Diese mechanischen Veränderungen der Silbersalze erfolgen am stärksten, wenn durch gewisse Zusätze die chemische Lichtempfindlichkeit (Reducirbarkeit) aufgehoben oder geschwächt ist (Schultz-Sellack[32]). — Eine mit Jod geräucherte Silberplatte erleidet durch Lichtwirkung eine bedeutende Aenderung der Structur, indem die Jodsilberschichte zuvor dem Reiben Widerstand leistet, nachher sich pulverig abreissen lässt (Donné[33]). Aehnlich verhält sich ein jodirter Glasspiegel (Schultz-Sellack[32]).

Ueber Zerstäuben der Körper durch ultraviolettes Licht stellten Lenard und Wolf Versuche an (Wiedemann's Annal. Phys. Chem. Bd. 37, S. 443. 1888).

Vinylbromür gibt im Lichte Polymerisationsproducte[34]). — Photen und Phosen, in Benzol gelöst, werden ohne Aenderung ihrer chemischen Zusammensetzung in Paraphoten und Paraphosen verwandelt; durch Schmelzen gehen letztere wieder in den ursprünglichen Zustand über (Fritsche[35]).

Anthracen gelöst in Benzol trübt sich im Sonnenlichte und scheidet Paraanthracen aus, welches mit ersterem polymer ist. — Nach Fittig

ist die Atronylensulfosäure sehr lichtempfindlich (Liebig's Annalen für Chem. Bd. 206, S. 34).

Schützenberger (Phot. News. 1882. S. 196. Wochenbl. 882, S. 111) fand, dass caucasisches Petroleum, Anilin, Benzin und andere Körper, wenn sie mit Natrium erhitzt und dann destillirt werden, bei der Elementar-Analyse mehr als 100 Proc. Bestandtheile ergeben und diese Eigenschaft lange Zeit beibehalten, falls sie im Dunklen aufbewahrt werden. Setzt man sie aber einige Stunden dem Lichte aus, so geben sie wieder die normalen 100 Proc.

Die geraden rhombischen Säulen des Nickelsulfats zeigen sich nach der Einwirkung des Sonnenlichtes aus Quadratoctaëdern zusammengesetzt; auch die Krystalle von selensaurem Zinkoxyd ändern in der Sonne ihre Krystallform (Mitscherlich[42]). — Bezüglich des Einflusses des Lichtes auf den Krystallisationsprocess bemerkte Petit 1722, dass die Auflösung von Salpeter und Salmiak im Sonnenschein schönere Krystallvegetationen gebe, als im Schatten; Chaptal bemerkte 1788, dass besonders die metallischen Salze an der dem Lichte zugewendeten Seite vegetiren; Dorthes fand 1790, dass Campher in verschlossenen Flaschen besonders an den Wänden, welche dem Lichte zugewendet sind, sublimirt; ähnlich verhält sich Jod, Wasserdampf etc. (vergl. S. 42 und 68). Bei gewissen Methoden der Versilberung des Glases ist die Mitwirkung des Sonnenlichtes förderlich (Carey Lea[43]).

III. Durch Licht bewirkte Verbindungen.

Chlor und Wasserstoff vereinigen sich im Lichte zu Chlorwasserstoff; bei grellem Sonnenlichte erfolgt heftige Verpuffung (Gay-Lussac und Thénard 1811). Die Verbindung erfolgt hinter blauem, aber nicht hinter rothem Glase (Seebeck). Das Maximum der Wirkung findet nach Favre und Silbermann[44]) im Indigoblau zwischen *G* und *H* statt. Bunsen und Roscoë fanden zwei Maxima in der Wirkung des Spectrums, eines zwischen *G* und *H*, dann nahm die Wirkung bis gegen *H* etwas ab, stieg bis zur Linie *I* im Beginn des Ultravioletten, um dann im Ultraviolett allmählich abzunehmen; schon vor der Grenze des im Fluorescenzlicht sichtbar werdenden Spectrums, sowie im Roth war die Wirkung unmerklich[19]). Die Zeitdauer, bis die ersten Spuren photochemischer Wirkung (sogenannte photochemische Induction) bemerkbar sind und ferner die Zeitdauer, bis das Maximum in jener Wirkung eintritt, ist je nach Umständen verschieden; die Zeit der Bestrahlung, welche nothwendig ist, um die ersten Wirkungen, resp. das Maximum der photochemischen Induction, hervorzubringen, ist von der Lichtintensität und der Länge der durchstrahlten Gassäule abhängig. Der unter dem

Einflusse des Lichtes aufgehobene Verbindungswiderstand stellt sich sehr bald von selbst im Dunkeln wieder her. Der Widerstand der Verbindung von Chlor und Wasserstoff wird vermehrt durch fremde Gase; z. B. vermindert $^5/_{1000}$ Sauerstoff die Wirkung des Lichtes von 100 auf 9.7. In einem normalen Chlorknallgasgemisch, worin neben der Wärmewirkung noch ein chemischer Effect hervorgebracht wird, ist der Extinctionscoëfficient (für eine Leuchtgasflamme) = 0,00427, während er in einem anderen Chlorgemisch von gleicher Verdünnung, in welcher dieser chemische Effect fehlt, nur 0,00289, also bei weitem weniger beträgt; die Differenz dieser Zahlen gibt den Extinctionscoëfficienten für diejenigen Strahlen allein, welche bei der chemischen Wirkung verbraucht werden. Diese Zahlen sind jedoch für die chemischen Strahlen verschiedener Lichtquellen sehr verschieden (Bunsen und Roscoë[19]).

E. Pringsheim stellte durch Beobachtungen im farbigen Lichte fest, dass die photochemische Induction unabhängig von der Farbe und nur abhängig von der chemischen Intensität des wirkenden Lichtes ist; es ist somit wahrscheinlich, dass die photochemische Induction nicht in einer Eigenthümlichkeit der Lichtwirkung, sondern in der Natur des im Chlorknallgase eintretenden chemischen Processes begründet ist. Er fand weiter: 1. Die Menge der gebildeten Salzsäure ist der Lichtintensität proportional. 2. Die erste sichtbare Wirkung des Lichtes auf das Chlorknallgas besteht in einer plötzlich auftretenden und ebenso plötzlich verschwindenden Volumenvermehrung des Gases, deren Grösse der Intensität des wirkenden Lichtes proportional ist. 3. Diese plötzliche Volumenvermehrung wird hervorgebracht durch eine momentane Dissociation vorhandener Moleküle, die im Momente des chemischen Umsatzes vor sich geht. 4. Dabei wird zunächst keine Salzsäure gebildet, sondern eine Zwischensubstanz. 5. Die langsame Salzsäurebildung durch das Licht findet bloss bei feuchtem Chlorknallgas statt, trockenes Gas ist für nicht sehr intensives Licht unempfindlich. 6. Unter Einwirkung starker Lichtquellen oder grosser Erwärmung explodirt getrocknetes Chlorknallgas ebenso wie feuchtes. 7. Das Zwischenproduct, welches die photochemische Induction hervorruft und dessen Annahme diese Erscheinung vollständig erklärt, entsteht wahrscheinlich durch Zersetzung des Wasserdampfes (Annalen d. Physik u. Chemie. Neue Folge. 1887. Bd. 32).

Die Vereinigung von Chlor und Wasserstoff bewirkt auch das Licht des indianischen Weissfeuers (Seebeck) von Steinkohlengas, Kohlenoxydgas (Bunsen und Roscoë[19]), das Drummond'sche Kalklicht[46]), das elektrische Licht (Brande[47]), das Magnesiumlicht [Lallemand[47]), Schrötter[48])], das Schwefelkohlenstoff-Stickoxydlicht (Hofmann[49]).

Chlorgas wirkt auf viele organische Verbindungen unter Mitwirkung des Sonnenlichts rasch ein, während es im Dunkeln darauf weniger energisch oder nicht wirkt, so z. B. auf Sumpfgas, Aethylen, Essigsäure, Citronensäure, Aethyläther, Alkohol, Benzol, Naphthalin. Aehnlich verhält sich Brom und Jod gegenüber manchen organischen Verbindungen, z. B. Sumpfgas und Aethylen (siehe S. 72, 79, 100).

Trockenes Chlorgas mit Eisessig in einer Flasche befindlich, wirkt im Dunkeln nicht ein, langsamer im Tageslichte, schnell im Sonnenlichte, so dass sich an heissen Tagen die Reaction im Anfange bisweilen bis zur Explosion steigert, worauf beim Oeffnen der Flasche das gebildete salzsaure Gas mit Gewalt ausströmt (Dumas, Ann. Chim. Phys. 73, 75; Journ. f. pract. Chem. 17, 202; ähnliches sagt Matteucci, Bibl. univers. 50, 134).

Lässt man auf Acetophenon Chlor einwirken, so tritt dieses immer in die Seitenketten, nie in den Kern. Im Lichte geht der Process 4mal rascher als im Dunkeln vor sich (Gautier, Compt. rend. Bd. 104, S. 1714. 1887). Gemenge von Brom und Toluol oder Aethylbenzol verbinden sich unter Entfärbung am stärksten in gelbgrünem Lichte (Schramm und Zakrzsewski, Beibl. Annal. Phys. Chem. 1888. S. 51). Pseudocumol liefert mit Brom im Finstern Monobrompseudocumol, in der Sonne findet die Substitution in den Seitenketten statt (Monatsheft f. Chem. 1888. Bd. 9, S. 842).

Phenanthrachinon suspendirt in Acetaldehyd löst sich Sonnenlichte unter Bildung von Monoacetylphenanthrahydrochinon. Klinger beschrieb noch ähnliche Reactionen (Lieb. Ann. Chem. Bd. 249, S. 137).

Das Licht beschleunigt viele Oxydationsprocesse. Metalle, besonders Blei, Arsen, Antimon, sollen nach Schönbein[50]) im Lichte rascher oxydiren. — Quecksilberoxydul färbt sich im rothen Licht unter Sauerstoffaufnahme roth; violettes Licht zerstört wieder die rothe Farbe (Davy); da der Process auch im Vacuum vor sich geht (Becquerel[d]), liegt hier wahrscheinlich ein Zerfallen in metallisches Quecksilber und Quecksilberoxyd vor[87]). — Bleioxyd, besonders auf nassem Wege erzeugtes, färbt sich im Lichte allmählich dunkler gelb, orange und braun (Schönbein[51]); es erleidet diese Veränderung nur bei Gegenwart von Sauerstoff, nicht im Vacuum oder im Wasserstoffgas, indem sich Mennige bildet (Becquerel[d]); dies tritt namentlich bei Gegenwart von Alkali ein (Levol[52]). Im rothen Lichte erfolgt diese Oxydation rascher, als im violetten (Davy). — Schwefelblei oxydirt sich nach Schönbein 1850[53]) im Lichte in dünnen Schichten rasch zu Bleisulfat und derselbe erhielt sogar photographische Copien auf Schwefelblei-Papier durch Entfärbung: Steinheil erzeugte 1852 gleichfalls auf diesem Wege Copien[219]).

Kupferchlorür färbt sich, namentlich im feuchten Zustande, im Lichte violett bis schwarzbraun [A. Vogel[54]), Wöhler, Grüne[55]), Rosenfeld[56])]; die Veränderung erfolgt sowohl unter Wasser als schwefliger Säure, aber nicht unter Eisessig (Rosenfeld[56]). Wahrscheinlich bildet sich im Lichte ein Oxychlorür (Wöhler). Auch mit Chlor, Brom oder Jod geräucherte Kupferplatten verhalten sich ähnlich [(Carlemann[57]), Salmon und Garnier[58]), Renault[59])]; chlorirte Kupferplatten zeigen, da ein Maximum der Wirkung zwischen *H* und *M* und ein zweites bei *D* und bromirte Kupferplatten zeigen eine ähnliche Farbenempfindlichkeit (Becquerel[d]). Hier sei auch erwähnt, dass man auf Kupferplatten, welche mit Jod, Brom oder Chlor geräuchert sind, nach dem Belichten in der Camera mittelst Quecksilberdämpfen nach Art der Daguerreotypen Bilder entwickeln kann; diese Beobachtung machte zuerst Talbot und liess sich 1841 darauf ein Patent geben[220]), dann zur selben Zeit Kratochwila[221]), später auch Schultz-Sellack[222]).

Eisenvitriol oxydirt sich im rothen Lichte stärker (= 1,2 bis 1,6), dagegen im violetten Lichte weniger stark (0,1 bis 0,6), als im Dunkeln (= 1,0). Eisenoxydulhydrat und Manganoxydulhydrat verhalten sich analog (Chastaing[60])[f]). — Metallisches Arsen in verdünnter Kalilauge erleidet bei Luftzutritt im Dunkeln eine Oxydation = 100, im violetten Lichte = 0,93 bis 1,00, im rothen = 1,04 bis 1,20, im grünen = 1,00. Auch arsenige Säure in verdünnter alkalischer Lösung oxydirt im rothen Lichte rascher, im violetten langsamer, als bei Lichtausschluss (Chastaing[60]). — Verdünntes Schwefelwasserstoffwasser oxydirt im rothen Lichte am raschesten; Schwefelnatrium zeigt einen Unterschied in der Ausscheidung von Schwefel und Hyposulfit im Lichte oder im Dunkeln; rothes Licht befördert diese Oxydation am meisten. Wässerige schwefelige Säure verwandelt sich dagegen bei Luftzutritt besonders im violetten Lichte in Schwefelsäure (Chastaing); im luftleeren Raume erfolgt aber eine Spaltung in Schwefel und Schwefelsäure [Moren[61]), Loew[62]), Chastaing[62])]. Sulfite sind bei Luftabschluss lichtbeständig.

Die Lösung von Quecksilberjodid in unterschwefligsaurem Natron ist lichtempfindlich; im Lichte scheidet sich 1,03 bis 1,12mal mehr Quecksilberjodür, Schwefelquecksilber und Schwefel ab, als im Finstern (Eder, Sitzungsber. Wiener Acad. Wissensch. II. Abth. 1881).

Ein wässerige Lösung von Fixirnatron erleidet im Lichte, bei Luftabschluss eine doppelt so rasche Zersetzung als im Finstern (Spencer und Pickering. Brit. Journ. of Phot. 1881. S. 644; Phot. Wochenbl. 1882. S. 4).

Das Licht befördert die Vereinigung des atmosphärischen Sauerstoffes mit dem Kohlenstoff und Wasserstoff der organischen Stoffe.

Nascirender Sauerstoff wirkt auf Benzol bei Gegenwart von Sonnenlicht anders als im zerstreuten Lichte, indem sich nicht im letzteren Falle, wohl aber im ersteren, Phenol bildet (Leeds[63]). — Aether, Aldehyd, Zimmtöl, Bittermandelöl, Terpentinöl, Citronenöl, Xylen oxydiren im violetten Lichte am raschesten (2 bis 3mal rascher als im Dunkeln), langsamer im Grün, Gelb und Roth, am langsamsten bei Lichtausschluss (Chastaing[60]). — Phenol röthet sich im Lichte in Folge einer Oxydation seiner Unreinigkeiten, am meisten im Violett. — Unreines (nicht genügend rectificirtes) Benzin färbt sich im Lichte unter Oxydation dunkel (Niepce[68]); ähnliches gilt vom Dippelt'schen Oel [Swindern[89]), Torosewicz[99])] und vom Kreosot. Mineralöle absorbiren unter dem Einflusse des Lichtes Sauerstoff und führen ihn in Ozon über, welcher die Körper, mit denen er in Berührung kommt, leicht oxydirt (Grotkowsky[64]). — Die fetten Oele werden im Lichte zähflüssig (Senebier[6]), indem sie sich allmählich oxydiren, und zwar wirken hierbei die brechbareren Strahlen energischer, als die weniger brechbaren [Cloëz[65]), Chastaing[60])]. Olivenöl wird in allen seinen Reactionen durch die längere Exposition an Licht und Luft verändert: es färbt sich mit Salpetersäure jetzt nicht mehr grünlich, mit Natronlauge nicht mehr gelblich, wie früher, sondern weiss; mit der Zeit verliert es sogar die Fähigkeit, durch salpetersaures Quecksilberoxydul zum Erstarren gebracht zu werden (Moschini[66]).

Cloëz (Compt. rendus. Bd. 83, S. 943; Chem. Centralbl. 1877. S. 66) fand, dass das Oel der Elaeococca, welche 75 Proc. Eleomargarin und 25 Proc. Oleïn enthält, im Lichte fest wird, indem das Oleomargarin sich in Oleostearin verwandelt.

Schweinefett wird an Licht und Luft sauer und ranzig; Krauseminzöl und Camillenöl gebleicht (A. Vogel, s. S. 71, 80 und 102); ebenso das rothe Palmöl (Zier[86]). — Leinölfirniss verharzt sehr rasch im Sonnenlichte. In dünnen Schichten oxydirt es sich rasch und wird in Aether unlöslich (Laborde[67]). — Alkoholische oder wässerige Tanninlösung hält sich im Dunkeln unbegrenzt lange, absorbirt aber im Lichte Sauerstoff (Jodin[69]); auch reine trockne Gerbsäure gilbt im Lichte rascher, als im Dunkeln nach. — Der Extract der grünen Wallnüsse dunkelt im Lichte rascher, als im Finstern (Warner[90]).

Terpentinöl ändert sich im Lichte und erhält oxydirende Eigenschaften; es entwickelt aber nicht Ozon, wie oft angenommen wird, sondern (bei Gegenwart von Wasser) Wasserstoffsuperoxyd, welches bleichend wirkt (Chem. Centralbl. 1880. S. 752).

Chinon wird bei Gegenwart von Sauerstoff im Lichte rascher braun als im Finstern (Wöhler, Neues Handwörterb. d. Chemie. Bd. 2. S. 557).

Methyljodid wirkt im Sonnenlichte lebhaft auf Quecksilber ein, indem Dimercuromethyljodid entsteht (Sakurac, Journ. Chem. Society. Bd. 39, S. 485).

Wird ein Stäbchen Fichtenholz in verdünntes Phenol, dann in $HCl + KClO_3$ getaucht, dann dem Sonnenlichte ausgesetzt, so nimmt es eine charakteristische blaue Farbe an (Tommasi, Bericht d. Deutsch. chem. Gesellsch. Bd. 14, S. 1834).

Bei vielen Harzen wird die Oxydation im Lichte beschleunigt. Guajakharz färbt sich im Lichte dunkler (Hagemann 1782, S. 34); Guajakpulver, oder mit dessen weingeistiger Lösung bestrichenes Papier färbt sich im weissen oder violetten Lichte grün bis blau (Oxydation), im rothen unter Reduction wieder gelb (Wollaston 1802, S. 59, Herschel[d]). Die Bläuung erfolgt im Spectrum von *H* bis *P*; das Maximum der Wirkung liegt bei *M* (Becquerel[d]). — Mastix, Sandarac, Gummi animae bleichen im Lichte aus, andere (Ammoniakgummi, Gummigutt) werden dunkler (Senebier, S. 35). — Dünne Schichten von Asphalt werden durch das Licht unlöslich in einer Mischung von Steinöl und Lavendelöl (Nicéphore Niepce[84]), ferner in Steinöl und Benzin (Niepce de Victor[70]), in Terpentinöl, Benzol, Petroleumäther; der zuvor in Aether lösliche Theil wird nunmehr in diesem Lösungsmittel unlöslich [Mac-Pherson[71]), Lemercier und Lerebours[72])].

Das Unlöslichwerden beruht in einer Oxydation, indem es weder im Vacuum (Chevreul[73]), noch in einer Wasserstoff- oder Stickstoffatmosphäre (Niepce[74]) oder unter einem dicht aufgeklebten Collodionhäutchen (Schrank[75]) stattfindet. Es wird aber nach Kayser[76]) von keiner Gewichtsvermehrung begleitet, ferner wird unlöslich gewordener Asphalt durch Schmelzen wieder löslich, weshalb Kaiser den Process als Polymerisation erklären will. Der in Aether unlösliche, in Chloroform lösliche Theil des Asphalts ist der lichtempfindlichste (Kayser[76]). Auf den Asphalt wirkt das ganze sichtbare Sonnenspectrum ein (Draper). — Auch der in Benzin lösliche Theil des festen Steinkohlentheerpechs wird, in dünner Schicht insolirt, in Benzin oder Benzin-Terpentinöl unlöslich (Biny[77]).

Fester Kautschuk wird nach Swan durch das Licht unlöslich in Benzol und Terpentinöl, aber löslich in Alkohol[78]). Auch in Benzin gelöster Kautschuk wird nach längerer Einwirkung von Luft und Licht unter Oxydation verändert, indem in Alkohol und Aether-Alkohol ein grösserer Theil löslich wird; im Dunkeln erfolgt der Process viel langsamer (Eder und Tóth[79]). Das Vulcanisiren des Kautschuks wird durch Licht gerade so, wie durch Wärme bewirkt (Seely[80]).

Hierher gehört auch das Ausbleichen vieler organischer Farbstoffe, z. B. Wachs- und Leinenbleiche. Chevreul untersuchte verschiedenartig gefärbte Zeuge bezüglich ihres Verhaltens gegen Licht, Luft und Feuchtigkeit (S. 105). Er fand, dass gewisse Farbstoffe, wie Indigo, Orseille, Safflor, bei Abwesenheit von Sauerstoff lichtbeständig sind, während sie bei Luftzutritt rasch ausbleichen; bei Indigo, Indigoschwefelsäure, Curcumä und Orleans erfolgt das Bleichen im Lichte rascher in feuchter, als in trockner Luft. Auch die Qualität des Zeuges (Wolle, Baumwolle, Seide) ist von Einfluss auf die Lichtbeständigkeit der aufgetragenen Farbe[81]) — Curcumä wird im violetten und grünen Lichte unter Oxydation entfärbt, dagegen nicht im rothen (Chastaing[60]); nach kurzer Belichtung wird Curcumäpapier noch nicht sichtlich verändert, aber Kalkwasser bringt keine braune Färbung mehr hervor (A. Vogel[82]). — Lackmus entfärbt sich am stärksten im Violett, weniger im Roth, fast gar nicht im Dunkeln (Chastaing). — Eine Farbenveränderung im Lichte erleiden ferner: Campecheholz, Brasilienholz, Wau (Gay-Lussac und Thénard), Berberitzenholz; letzteres verfärbt sich im Sauerstoffgas viel rascher, als im Stickstoff (Swindern[89]). — Berberin und damit gefärbte Zeuge bleichen im Lichte rasch aus, auch wenn eine Zinnbeize vorherging; die grösste Haltbarkeit ertheilt die Gerbstoffbeize (Buchner[88]). — Alkoholische Tincturen von Veilchen, rothen Nelken, Papaver rhoeas Safran werden in blauen Gläsern schneller, als in rothen, durch das Licht entfärbt (A. Vogel[83]). — Auf vegetabilische Farbstoffe können nach Herschel[c])[d])[f]) fast alle Strahlen Wirkungen hervorbringen, indem entweder eine völlige Entfärbung eintritt, oder eine schwache Färbung (von einem zweiten beständigeren Farbstoff herrührend) zurückbleibt. Die Blumenfarbstoffe (auf Papier) bleichen in jenen Strahlen des Spectrums am raschesten, welche zu der Farbe der Blumen complementär sind; so bleichen gelbe Blumenfarbstoffe vorzugsweise im blauen Lichte, violette im grünen, blaue im rothgelben. Herschel, Sommerville, Hunt untersuchten viele Blumenfarbstoffe auf ihr photochemisches Verhalten gegen das Spectrum[e]), Schübler und Frank[b]) auf ihre Empfindlichkeit gegen weisses Licht. — Mit Pflanzenfarben gefärbte trockene Substanzen werden durch trockenes Chlorgas im Lichte viel rascher, als im Dunkeln entfärbt (Wilson[91]). — Ueber das Verhalten der Farblacke und anderer Malerfarben gegen Licht machte Field[85]) und Bow[93]) ausführliche Angaben; gelbe Farblacke, z. B. Schüttgelb, werden durch Luft und Licht rasch gebleicht, am haltbarsten ist noch Quercitronlack; Carmin wird sehr rasch am Lichte zerstört etc. (s. auch S. 97).

Chlorophyll (Blattgrün) und dessen Lösungen werden im Lichte entfärbt; besonders rasch die Lösung in Alkohol und Benzol, langsamer

die in Aether, am langsamsten in Olivenöl; am stärksten wirken jene Strahlen, die es absorbirt [Gerland[206]), Wiesner[207]), Cossa[208])]; Blattroth und Blattgelb bleichen ebenfalls im Lichte (Berzelius). Xanthophyll besonders im blauen.

Die Theerfarbstoffe sind zumeist lichtempfindlich; sie werden rasch gebleicht. Anilinroth und Chrysoïdin werden besonders durch blaues und violettes, nicht durch rothes afficirt (Eder und Tóth[f]). Cyanin ist besonders für das gelbe Licht (welches es am stärksten absorbirt) empfindlich (Abney[92])[f]). Hoffmann's Blau bleicht am raschesten auf Stärkepapier, langsamer auf Gelatine- oder Eiweisspapier aus; ähnlich verhält sich Fuchsin, Anilingrün, Pikrinsäure; sehr lichtempfindlich ist Bismarkbraun (Borlinetto[94]). Die Entfärbung der Lösungen von *Fuchsin, Alcannaroth, alkalischer Carminlösung* erfolgt im Lichte langsamer, als die damit gefärbter Zeuge; sehr lichtempfindlich ist eine schwach alkalische Purpurinlösung (H. W. Vogel[95]). Anthracenblau bleicht durch Sonnenlicht dreimal so schnell aus, als Indigo[96]).

Die Farben der Schmetterlingsflügel bleichen am meisten im weissen und violetten Lichte aus (Capronnier[97]).

Der Purpur der Alten bildet sich nur unter dem Einfluss des Lichtes. Die färbende Secretion der Weichthiere (Purpura lapillus) ist ursprünglich blassgelb. Dem Lichte ausgesetzt wird es sowohl für sich als auf Linnen aufgetragen purpurfarben. Die gelbe alkoholische Lösung wird im Lichte purpurn. Ein Stück weissen Leinenzeuges mit diesem Stoffe getränkt und dem Sonnenlichte ausgesetzt geht durch Gelb, Grün, Blau in Purpur oder Scharlach über unter gleichzeitiger Entbindung eines starken an Knoblauch oder Asa foetida erinnernden Geruches. Tageslicht ist unerlässlich für das Zustandekommen dieser Farbenentwicklung, sie geht sowohl in der Luft als in einer Wasserstoff- oder Stickstoff-Atmosphäre als auch im Vacuum vor sich. Im Dunklen kann die Secretion Jahre lang unverändert aufbewahrt werden, beim Belichten tritt dann aber der Farbenwechsel sofort ein. Der eigentliche Farbenerzeuger kann durch Alkohol und Aether aus den pulverisirten Gehäusen ausgezogen werden; die goldgelbe Lösung wird unter dem Einflusse des Lichtes purpurfarben und es fällt aus dieser schliesslich ein krystallinisch-körniges, purpurnes Pulver. Salzsäure zersetzt die Secretion in nahezu derselben Weise, wie Sonnenlicht (Schunk, Chem. News. 39, 85. Chem. Centralbl. 1879. 616. Phot. Mitth. 1879. 16. 101).

Augustin Lettelier hat in den Comptes rendus über den lichtempfindlichen Purpur der Muschel purpura Capillus, welche an der britischen Küste sehr häufig ist, berichtet. Der Purpurstoff besteht aus einer gelben, nicht lichtempfindlichen Substanz und zwei lichtempfind-

lichen Substanzen, welche im Lichte violett bis carminroth werden; der Purpur scheint durch Reduction gebildet zu werden, da Natriumamalgam sofort rothen Purpur liefert. In der Abhandlung sind die chemischen Eigenschaften genauer beschrieben (Eder's Jahrbuch f. Photogr. IV. für 1890. S. 279).

IV. Durch Licht bewirkte Zersetzungen.

Wässeriges Wasserstoffsuperoxyd spaltet sich im Sonnenlichte (Downes und Blunt[98]). — Chlorwasser wird im Lichte unter Entwickelung von Sauerstoff und Bildung von Salzsäure zersetzt (Berthollet 1785, S. 39); nach Popper tritt neben Salzsäure und Sauerstoff noch Chlorsäure auf (Liebig's Annal. Bd. 227, S. 161). Am raschesten geschieht die Zersetzung unter dem Einflusse der stärker brechbaren Strahlen (Davy 1812); in weissen Gläsern rascher als in gelben (Torsewicz[99]). Die Zersetzung hängt von der Intensität des Lichtes [Saussure 1790, Draper[8]), Wittwer[100])] und der Temperatur ab; die einmal eingeleitete Zersetzung geht auch im Finstern fort, wenn auch mit abnehmender Stärke; Wärme beschleunigt, aber leitet nicht die Wirkung ein (Draper[8]). Nach Millon bildet sich bei diesem Processe auch unterchlorige Säure. Es wurde mittels Chlorwasser ein Actinometer construirt (s. d.). Die Zersetzung des Chlorwassers wird befördert, wenn organische Substanzen zugegen sind (Bärwald und Monheim i. J. 1835, Monheim i. J. 1835. Städeler; vgl. Eder, Sitzber. d. kais. Akad. d. Wissensch. Wien. 1885. Bd. 92). Bromwasser verhält sich dem Chlorwasser analog (Löwig), ist jedoch viel weniger lichtempfindlich als letzteres (Eder). — Jodwasser erleidet im Lichte keine chemische Veränderung (H. W. Vogel[101]), wohl aber alkoholische Jodtinctur.

Nach Eder (Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. Wien. 1885. Bd. 92) zersetzt sich Chlorwasser ungefähr 6 bis 12 mal rascher als Bromwasser und alkoholische Jodtinctur zersetzt sich 1000 mal langsamer als Chlorwasser. Bei Gegenwart von Weinsäure und besonders von Citronensäure wird die Zersetzung von Chlor- und Bromwasser im Lichte beschleunigt. Alkoholische Bromtinctur wird im Dunklen langsamer, im Sonnenlichte fast momentan entfärbt (Eder a. a. O.).

Ueber den Einfluss von Salzsäure und Metallchloriden auf die photochemische Zersetzung des Chlorwassers stellten Klimenko und Pekatores (Ber. d. chem. Gesellsch. Berlin. 1889. R. p. 219) Versuche an. Dieselben wurden in der Weise ausgeführt, dass Chlorwasser mit HCl, KCl, NaCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$, $SrCl_2$ und $BaCl_2$ gemischt und in zugeschmolzenen Glasröhren dem Sonnenlichte ausgesetzt und das Chlor zeitweilig bestimmt wurde. Es ergab sich:

1. Durch längere Einwirkung des Lichtes wird Chlorwasser vollständig zersetzt, so dass es aus Jodkalium kein Jod ausscheidet.
2. Die Zersetzung wird durch die Gegenwart von Salzsäure und Chloriden verzögert. Die Chloride der Alkalimetalle scheinen die Zersetzung mehr aufzuhalten als die der alkalischen Erden, wobei in beiden Gruppen der Chloride die Zersetzung um so mehr verzögert wird, je grösser das Atomgewicht des in den Chloriden enthaltenen Metalles ist.
3. Die Zersetzung geht in verdünnten Lösungen relativ rascher als in concentrirten vor sich.
4. Die Menge des Chlors, welche in Gegenwart des Chlorides nicht an der Zersetzung Theil nimmt, ist unabhängig von der Länge der Einwirkung des Lichtes.

Jodstickstoff zersetzt sich im Lichte rasch und es kann diese Reaction sogar zur Photometrie verwendet werden (Guyard, Annales de Chemie et Phys. Phot. Wochenbl. 1884. S. 240).

Gattermann fand (Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. Bd. 21, S. 751. 1888), dass die Explosion von Chlorstickstoff durch helles Licht bewirkt werde: Mallet beobachtete Aehnliches am Jodstickstoff (Beibl. Annal. Phys. Chem. 1888. S. 510).

Concentrirte Salpetersäure wird am Lichte roth (Scheele 1777), indem sich Sauerstoff und Untersalpetersäure bilden (Scheele 1777, Berthollet 1786. S. 29, 31. 40. 41, später Peaker 1874[101]); am raschesten in weissen, blauen und violetten Gläsern, nicht in rothen (Seebeck 1811, S. 75). Temperaturerhöhung bewirkt dieselbe Zersetzung (Gay-Lussac und Thénard). — Gasförmige Jodwasserstoffsäure bleibt in absoluter Dunkelheit bei Abwesenheit von Luft ganz unverändert, im Sonnenlichte zerfällt sie: die blauen Strahlen haben den überwiegenden Antheil. Wässerige Lösungen von Jodwasserstoff zersetzen sich bei Luftausschluss nicht in der Sonne, dagegen selbst in der Dunkelheit bei Luftzutritt (Lemoine[102]). — Versetzt man Jodkalium, Jodcadmium, Jodlithium in wässeriger Lösung mit Säuren, so macht Licht aus diesen Lösungen Jod frei, und zwar in verschiedener Menge, je nach der Natur des angewendeten Jodides und der angewendeten Säure; bei Gegenwart von Salzsäure oder Schwefelsäure erfolgt die photochemische Zersetzung viel energischer, als bei Gegenwart organischer Säuren. Die Wirkung erfolgt rasch in blauen, langsam in rothen Gläsern (Leeds[103]). Darauf wurde eine photometrische Methode gegründet (s. Photometrie). — Jodkaliumlösung scheidet im Lichte Jod ab (Loew[104]), und zwar ist die Mitwirkung von Sauerstoff hierbei nothwendig [Battandier[105]), Downes und Blunt[106])]; Gegenwart von Kohlensäure[105]) oder Zuckerlösung befördert den Process

(Durewell[107]); ähnlich verhält sich Jodkaliumpapier (H. W. Vogel[164]) und Ozonometerpapier (Pelargi[205]). — Krystallisirtes Jodammonium wird bei Luftzutritt besonders im blauen und violetten Lichte, langsam aber im gelben Lichte gelb (Eder); festes trocknes Jodkalium ist lichtbeständig (Vogel[164]).

Unterchlorigsäuregas zerfällt im Sonnenlichte in Chlor und Sauerstoff (Balard); trockene gasförmige chlorige Säure in Ueberchlorsäure, Chlor und Sauerstoff; ähnlich verhält sich Unterchlorsäure (Millon). — Chlorkalk zersetzt sich im Lichte rascher, als im Dunkeln, unter Sauerstoffabgabe [Döbereiner[108]), Schweinsberg[109])].

Phosphorwasserstoff wird in der Sonne unter Ausscheidung von Phosphor zersetzt (S. 53, 79); er verliert seine Selbstentzündlichkeit, weil sich das darin enthaltene PH_2 zersetzt: $6\,PH_2 = P_2H + 3\,PH_3$ (Thénard). — Schwefelphosphor wird im Sonnenlichte trübe (Böttger; Wicke). — Schwefelkohlenstoff färbt sich im Sonnenlichte unter Ausscheidung eines braunen Niederschlages von Kohlensulfid (Sidot[110]) oder Kohlensesquisulfid (Loew[111]) dunkel.

Antimonwasserstoff innerhalb einer Schwefel enthaltenden Röhre wird nur im Sonnenlichte unter Bildung von orangefarbigen Schwefelantimon zersetzt; darauf lässt sich ein photographisches Verfahren gründen (Spiller, Fortschritte d. Physik. 1876. S. 621).

Manche Sorten von Zinkoxyd sind lichtempfindlich (S. 66), was Phipson einem Gehalt an einem neuen Elemente „Actinum" zuschrieb, dessen Schwefelverbindung in der Sonne unter Reduction dunkel gefärbt werden soll, im Finstern aber durch Oxydation wieder hell wird (Chem. News. Bd. 43, S. 283; Bd. 44, S. 73). Cowley (ibid. Bd. 44, S. 51 u. 167), sowie Orc (ibid. S. 12) bestätigen die Angabe betreffend die Lichtempfindlichkeit gewisser Silbersalze.

Die Chromate sind für sich lichtbeständig; bei Gegenwart von organischen Substanzen aber tritt im Lichte rasche Reduction ein. Dies gilt besonders für Kalium- und Ammoniumbichromat auf Papier (Ponton 1839[112]), Leinen etc., deren Gemenge mit Leim, Albumin, Gummi arabicum, Dextrin, Rohrzucker, Traubenzucker, Glycerin, Caseïn, Alkohol etc.[112]). Im Lichte tritt Bräunung dieser Gemenge ein, indem chromsaures Chromoxyd (E. Kopp[116]), später sogar reines Chromoxyd entsteht (Eder[112]). Diese Gemenge sind lufttrocken lichtempfindlicher als im feuchten Zustande. Während das Gemenge von Leim und Chromat im Lichte gebräunt wird, verliert es zugleich seine Löslichkeit in warmem Wasser (Talbot[113]) und die Eigenschaft, in kaltem Wasser aufzuquellen: Gummi, Albumin werden in kaltem Wasser unlöslich, Zucker schwerer löslich (Poitevin[114]). Glycerin mit Kaliumbichromat färbt sich grün

und dickt ein (Schnauss[115]); Gummi, Dextrin, Zucker werden weniger hygroskopisch[112]). Gemenge von Leim mit Kaliummonochromat sind 20 bis 50mal weniger lichtempfindlich, als mit Bichromat; dagegen zeigt das Ammoniummonochromat dieselbe Empfindlichkeit wie das Bichromat; freie Chromsäure macht Leim auch im Finstern unlöslich. Der im Lichte unlöslich gewordene „Chromleim" besteht aus einer Verbindung von Chromoxyd mit unverändertem Leim; daneben entsteht Ameisensäure; Gummi bildet nach der Belichtung gummisaures oder wahrscheinlicher metagummisaures Chromoxyd (Eder[112]). (Wirkung des Spectrums s. unten.)

Eine Lösung von Ammoniumbichromat in absolutem Alkohol entfärbt sich im Lichte nach mehreren Monaten unter Bildung von Chromoxyd, Essigsäure, Aldehyd und Essigäther; in stark wässerigem Alkohol geht der Process viel langsamer vor sich und es bildet sich zunächst nur chromsaures Chromoxyd (Eder, Sitzber. d. k. Akad. d. Wissensch. 1885. Bd. 92).

Die vanadinsauren Alkalisalze werden in Berührung mit organischen Substanzen im Lichte grün bis blau; Leim wird zugleich unlöslich in Wasser (Gibbons[117]). — Molybdänsäure, gelöst in verdünnter Schwefelsäure, soll sich im Sonnenlichte bläuen, im Finstern wieder entfärben (Phipson[118]). Die Bläuung geschieht nur bei Gegenwart organischer Substanzen (Eder, Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. Wien. 1885. Bd. 92).

Die in der analytischen Chemie gebräuchliche Lösung von molybdänsaurem Ammoniak und überflüssiger Salpetersäure ist etwas lichtempfindlich (Sueck, Zeitschr. f. analytische Chemie. Bd. 15, S. 290).

Die Oxalmolybdänsäure stammt von der Oxalsäure und Molybdänsäure ab, hält sich im Finstern unverändert und wird bei Gegenwart von Feuchtigkeit im Lichte blau; man kann damit Papier-Photographien erzeugen (Pechard, Bull. Assoc. Belge de Photogr. 1889. S. 614. Phot. Nachrichten. 1889. S. 162).

Eisenchlorid wird bei Anwesenheit organischer Substanzen im Lichte zu Chlorür reducirt: so in alkoholischer und ätherischer Lösung (Gehlen, S. 68) besonders in weissen und blauen Gläsern (A. Vogel, S. 80), als Bestuschefs Nerventinctur (S. 15, 33); ferner auf Papier (Herschel), in Gemischen mit Weinsäure, Glycerin, Alloxantin (Poitevin[119]), Oxalsäure (Marchand[20]), und zwar ist die Zersetzung von Eisenchloridlösung mit Oxalsäure = 100, während sie mit Citronensäure = 19, mit Weinsäure = 25 ist (Eder[121]).

Die Zersetzung von Eisenchlorid + Oxalsäure geht nach der Gleichung: $Fe_2Cl_6 + C_2O_4H_2 = 2\,FeCl_2 + 2\,CO_2 + 2\,HCl$ vor sich.

Gemenge von Leim, Eisenchlorid und Weinsäure sind im Finstern getrocknet unlöslich und werden erst im Lichte löslich (Poitevin[119]).

— Wässeriges Ferridoxalat zerfällt im Lichte glatt in Ferrooxalat (sogenanntes Licht-Humboldit) und Kohlensäure [Döbereiner, Suckow[150]). Reynolds[121])], nach der Gleichung $Fe_2(C_2O_4)$ zu $2FeC_2O_4 + 2CO_2$: besonders wirksam ist der indigoblaue Theil des Spectrums. Ammoniak-Eisenalaun mit Oxalsäure oder Citronensäure zersetzt sich langsamer als Ferridoxalat (Eder, Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. Wien. 1885. Bd. 92). — Kalium-, Natrium- und Ammoniumferridoxalat erleiden, sowohl in festem Zustande als in wässeriger Lösung, im Lichte eine Veränderung (Bussy[121]); bei Luftausschluss bildet sich hierbei Kaliumferrooxalat und Kohlensäure, bei Luftzutritt auch basisches Ferridoxalat (Eder und Valenta[121]). — Auch Ferricitrat und dessen Doppelsalze [Herschel[121]), Draper[121])], sowie Tartrat [Herschel[e]), Schoras[122])] sind sehr lichtempfindlich. Bei diesen Eisensalzen wirkt besonders das Blau und Violett des Spectrums[f]). — Eisenrhodanid wird in wässeriger, alkoholischer und ätherischer Lösung im blaugrünen Strahl entfärbt; es röthet sich im Dunkeln bei Luftzutritt wieder (Grotthus, S. 87). — Die Eisensalze finden mehrfache photographische Verwendung (s. Actinometrie und Copiren mit Eisensalzen). — Ferridcyankalium wird in wässeriger Lösung unter Bildung von Ferrocyankalium zersetzt (A. Vogel[123]), wobei das violette Licht etwa doppelt so stark als das rothe wirkt (Chastaing[60])[f]); es bildet sich neben Ferrocyankalium, Blausäure und lösliches Berlinerblau, und zwar auf je 1 Theil Berlinerblau 7 bis 25 Theile Ferrocyankalium nebst Blausäure (Eder, Sitzber. d. Wiener Akad. 1885. Bd. 92). Auf Papier ist Ferridcyankalium auch im lufttrockenen Zustande lichtempfindlich [Herschel[e]), Niepce, Burnett[f])]. Anwesenheit von Leim beschleunigt den Process (Gintl[124]). Gemische von Ferridcyankaliumlösung mit Zucker, Oxalaten und Citraten zersetzen sich rascher (Eder a. a. O.); Gemische von Ferridcyankalium mit Bleiacetat, Uranoxydsulfat, sowie mit Quecksilberchlorid sind lichtempfindlicher als jedes allein (Eder a. a. O). Gelöstes Ferridcyanammonium verändert sich im Lichte rascher als das Kaliumsalz. Ferridcyankalium mit Eisenchlorid wird im Lichte blau (Herschel[e]). Das Gemisch zersetzt sich wohl auch allmählich im Finstern, jedoch im Lichte dreimal schneller: es bildet sich anfangs Berlinerblau, nach längerer Zeit Berlinergrün nebst Blausäure (Eder). Ferrocyankaliumlösung zersetzt sich langsam im Lichte, indem es sich dunkler gelb färbt und Kali und Blausäure ausscheidet (Schönbein[127]); auf Papier färbt es sich bläulich (Herschel). Auch Ferrocyanmangan bläut sich im Lichte (Arche). — Nitroprussidnatrium-Lösung lässt im Lichte (proportional mit dessen Intensität) Berlinerblau fallen, welche Zersetzung durch Eisenchlorid beschleunigt wird (Roussin[225]). Gelöstes Nitroprussidnatrium ist ungefähr 20mal lichtempfindlicher als

Ferridcyankalium (Eder); letzteres Gemisch wird in blauen Gläsern ungefähr doppelt so rasch, als in gelben oder rothen, zersetzt (H. Vogel[126]). Nitroprussidnatrium und Eisenchlorid ist ungefähr 20mal lichtempfindlicher als ersteres allein (Eder a. a. O.). Eine verdünnte Lösung von Nitroprussidnatrium mit etwas Schwefelammonium versetzt, wird am Lichte entfärbt und zwar sind hierbei die rothen Strahlen (nicht die blauen) die wirksamsten (H. W. Vogel, Phot. Mitth. 1882. S. 7). — Berlinerblau bleicht (namentlich im Vacuum) unter Verlust von Cyan oder Cyanwasserstoff aus, wird aber im Dunkeln unter Aufnahme von Sauerstoff wieder blau (Chevreul[128]). Aus einer Lösung von Berlinerblau in Oxalsäure soll nach Schoras[129]) das Berlinerblau unlöslich ausfallen; dem widerspricht Böttger[130]).

Aetherische Uranchloridlösung (Gehlen, S. 68), sowie alkoholische Urannitratlösung [Becquerel[d]), Chastaing[60])[f])] oder Uransulfatlösung (Ebelmen[237]) lassen im Lichte grünes Oxydulsalz fallen; ähnlich wirkt die Anwesenheit von Glycerin (Bolton[133]) oder Weinsäure [Niepce[135]), Boivin[134])]. Urannitrat auf Papier bildet im Lichte Oxydul [Burnett[131]), Niepce[132])]. Viele organische Uranoxydsalze werden im Lichte rasch reducirt, so das oxalsaure Uranoxyd und Ammoniumdoppelsalz [Niepce und Corvisart[136]), Seekamp[137]), Burnett[138])], Monckhoven[139])], das essigsaure, citronensaure, ameisensaure, weinsaure, aconitsaure etc. Salz (Liesegang[140]). Hauptsächlich wirkt hierbei das blaue und violette Licht[f]).

Kupferchlorid in Aether oder Alkohol gelöst wird im blauen und weissen Lichte zu Chlorür reducirt [Gehlen, S. 68), Neumann[143])]. — Alkalische weinsaure Kupferlösung zersetzt sich im Lichte (Fehling[142]). Die normale Fehling'sche Lösung scheidet im Sonnenlichte ungefähr 30 bis 40mal mehr Kupferoxydul aus, als im Dunkeln, die mit 6 Vol. Wasser verdünnte Lösung, welche im Dunkeln sehr haltbar ist, wird im Lichte noch ziemlich rasch zersetzt (Eder, Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. Wien. 1885. Bd. 92). — Natriumkupferoxalat schwärzt sich im Lichte (A. Vogel); bei Gegenwart von Eisenoxalat scheidet das Kupferdoppelsalz im Lichte metallisches Kupfer ab (Ehrmann[144]). Das analoge Kalium- und Ammonium-Doppelsalz ist lichtbeständig (Eder).

Das im violetten Lichte durch Oxydation von Bleioxyd entstandene braune Bleisuperoxyd (s. S. 158) entfärbt sich unter gelben und rothen Gläsern, indem Mennige entsteht. — Jodblei verliert bei Gegenwart von Feuchtigkeit und Luft im Lichte Jod und geht in Bleioxyd und Carbonat über; das Gemenge von Bleijodid und Stärke wird im Sonnenlichte blau [Schönbein[145]), Roussin[146]), Schmid[147])].* Jodblei im violetten oder grünen Lichte lange Zeit aufbewahrt, ändert sich an-

scheinend nicht, bläut sich aber beim Mischen mit Stärke dann rascher, als solches, welches im Finstern oder im rothen Lichte aufbewahrt war (Chastaing[60]f).

Wismuthoxyd verändert am Lichte seine Farbe, jedoch ist dies stets einer geringen Verunreinigung mit Silberoxyd zuzuschreiben (Schneider, Phot. Wochenbl. 1881. S. 87; aus Journ. f. pract. Chemie).

Quecksilberchlorid zersetzt sich in wässeriger Lösung in Chlorür, Salzsäure und Sauerstoff [Boullay[b])[148]), Davy[149])]; Salzsäure und Chlorammonium hindert die Zersetzung[149]). Die Lösungen in Aether und Alkohol zersetzen sich ungleich rascher[b])[148]), ebenso Gemische mit Oxalsäure [Planche, S. 84, Becquerel[d])[148])], nach der Gleichung $2\,HgCl_2 + C_2O_4H_2 = 2\,HgCl + 2\,CO_2 + 2\,HCl$, bei welchen aber die photochemische Zersetzung in unlösliches Quecksilberchlorür und Kohlensäuregas durch Freiwerden von Salzsäure bald abnimmt (Marchand[120]), während nach Zusatz von Ammoniumoxalat der Process regelmässiger verläuft (Eder[148]). Diese Gemische werden zur Actinometrie benutzt (s. u.). Eine raschere Zersetzung der Sublimatlösung im Lichte erfolgt auch nach Zusatz von Ameisensäure, Weinsäure, Bernsteinsäure, Citronensäure, Aepfelsäure, Rohrzucker, Tannin etc. (Eder[148]). — Quecksilberbromid verhält sich dem Chlorid analog (Löwig); Quecksilberjodid auf Papier wird braun (Hunt[c]), besonders im blauen Lichte (Slater[225]). — Feuchtes Quecksilberchlorür wird in der Sonne grau [Neumann[e]), A. Vogel[b]), Suckow[87])]. — Rothes und gelbes Quecksilberoxyd wird im Lichte unter Sauerstoffverlust dunkel [Abildgaard 1800[e]), Harup 1802[c])[e]), indem es in ein Gemenge von Oxydul und Metall übergeht; dabei wirken besonders die violetten Strahlen [Seebeck[b]), Dulk[158]), Chastaing[60])f)]. (Ueber Quecksilberoxydul s. S. 158.) — Feuchtes Quecksilberjodür färbt sich im Lichte dunkel bis schwarz (Artus[151]); besonders im blauen und violetten, auch im grünen Lichte (Chastaing[60])f). Es bildet sich hierbei nach Eder fein vertheiltes metallisches Quecksilber, welches die Schwärzung herbeiführt, nebst Quecksilberjodürjodid nach der Gleichung $3\,Hg_2J_2 = 2\,Hg + Hg_4J_6$. Der Process geht auch bei Ausschluss von Sauerstoff und Feuchtigkeit im Lichte vor sich (Eder, Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. Wien. 1885. Bd. 92). — Ausserdem sind viele Quecksilberverbindungen lichtempfindlich; es schwärzt sich das Quecksilbernitrat auf Papier (Herschel[c]), das Carbonat, Chromat, basische Sulfat (Hunt[c]), Sulfit, Hyposulfit, deren Doppelsalze, viele Merkurammoniumverbindungen, dann das oxalsaure Quecksilberoxydul und Oxyd und deren Doppelsalze (Bergmann, S. 28, Burkhardt[152]), das weinsaure, schleimsaure, benzoësaure Oxydulsalz[152]). — Jodquecksilber, durch Eintauchen von Jodcollodion in ein Quecksilberoxydulnitrat-Bad auf Glas erzeugt.

nimmt durch kurze Belichtung ein unsichtbares Bild an, welches sich mit angesäuerter Pyrogalluslösung und Silbernitrat entwickeln lässt: Bromquecksilber ist dabei ohne Wirkung (Schnauss[224]).

Goldoxyd gibt im Lichte (Scheele, Berzelius) selbst im luftleeren Raume (Chevreul[153]) Sauerstoff ab. Nach G. Krüss ist dagegen Goldoxyd, sowie das Chlorid und Bromid vollständig lichtbeständig, sobald jede Spur von organischen Substanzen abgehalten wird (Eder's Jahrbuch f. Photogr. Bd. I, S. 174). Aetherische und selbst wässerige Goldchloridlösung wird im Lichte rasch reducirt (Rumford, Juch, S. 50), ebenso Goldchlorid auf Papier (Hellot 1737, S. 19), auf Seidenzeug (Fulham 1794, S. 49), Wolle, Epidermis, Elfenbein (Creuzberg[155]) mit Zucker, Gummi, Stärke (Fischer[154]); mit Oxalsäure und oxalsaurem Ammon im Lichte rascher als im Dunkeln [Pelletier, Herschel[c]), Döbereiner[b])]. Auf Papier entsteht zuerst Chlorür, indem die Farbe heller wird, welches dann im Lichte und allmählich auch im Finstern weiter zu Metall reducirt wird; das Maximum der Wirkung im Spectrum tritt bei *G* und *H* auf [Herschel[c]), Becquerel[d])].

Aetherische Platinchloridlösung (Gehlen, S. 68), sowie Platinchlorid und Iridiumsalmiak mit Oxalsäure oder weinsaurem Natron (Döbereiner[b])[156]) scheiden im Lichte Metall aus. Eine mit Kalkwasser versetzte Platinchloridlösung trübt sich im Lichte unter dem Einflusse der stärker brechbaren Strahlen, indem ein Doppelsalz entsteht [Herschel 1832[c]), Johannsen[157])]. Platinchlorid mit Oxalsäure oder Weinsäure auf Papier bleicht im Lichte aus, mit Ferridcyankalium wird es blau (Hunt[c]); Jodplatin und Bromplatin auf Papier ist lichtempfindlich (Herschel, Hunt[c]).

Silberoxyd wird dunkler (Link[a]), sowohl im weissen als violetten Lichte (Dulk[158]), indem es in Sauerstoff und Suboxyd zerfällt; bei Gegenwart von organischen Substanzen mengt sich Metall bei [Hunt[159]), H. W. Vogel[209])]. Silbernitrat schwärzt sich im Lichte (Suckow[87]); nach Artus[160]) geschieht dies in verschlossenen Gefässen und beim geschmolzenen, nicht beim krystallisirten Nitrat; nach Hunt[161]), Weiler[162]), H. W. Vogel[g]) und Scanlan[167]) erleidet reines Silbernitrat im Lichte keine Veränderung, sondern nur bei Gegenwart organischer Substanzen, dagegen scheidet die wässerige Lösung im Lichte Metallfilter aus. Es schwärzt sich im Lichte ferner: Silbernitratlösung mit Kreide angerührt [älteste Beobachtung über die Lichtempfindlichkeit der Silbersalze: J. H. Schulze 1727, S. 16, auf Papier (Hellot, S. 19), besonders Blau des Spectrums (Herschel[c]), Seidenzeug (Fulham 1794, S. 49, Rumford 1798, S. 50), Leder (Davy und Wedgwood 1802, S. 59), Epidermis (Link[a]), mit Eiweiss (Fischer[163]), Leim, Gummi etc.

Chlorsilber färbt sich im Lichte und zwar besonders im Violett dunkel (Scheele 1777, S. 29, Davy und Wedgwood), und zwar nicht schwarz, sondern bräunlichviolett (H. W. Vogel[164]). Diese Veränderung geht vor sich: in der Hitze, der Kälte, der Feuchtigkeit oder in trockner Luft, in der Torricelli'schen Leere (Senebier 1782[e]), auch bei — 18 Grad R. in völlig trocknem oder feuchtem (Fischer 1814[165]), oder geschmolzenem Zustande (Fischer, Proust), jedoch befördert Feuchtigkeit den Process [Link[a]), Fischer[165])]. Nach V. Meyer zersetzt sich Chlorsilber in der Weissgluth trotz dem intensiven Lichte nicht. J. J. Acworth fand, dass schon, wenn aus lauwarmer Lösung gefälltes Chlorsilber über 220 Grad erhitzt wird, dasselbe fast gar nicht mehr auf diffuses Licht reagirt (E. Wiedemann, Eder's Jahrb. f. Photogr. für 1890, S. 220). Dagegen erfolgt die Färbung unter Alkohol (Link[a]), Aether, Nussöl (Fischer[165]), Salpetersäure, Salzsäure, Alkalichloriden (Wetzlar[b]), Essigsäure, verdünnter Schwefelsäure (H. W. Vogel[164]); die Färbung wird verhindert durch Quecksilberchlorid[164]), starkes Chlorwasser, Perchloride, Ferrisulfat [Link[a]), Fischer[165])] oder rauchende Schwefelsäure, sehr verzögert durch englische Schwefelsäure, rauchende Salpetersäure (d = 1,40) und Eisenvitriollösung (H. W. Vogel[164]); das Licht wirkt langsamer bei 80 Grad auf Chlorsilber, welches mit Salzsäure aus Silbernitrat-Lösung gefällt ist und sich unter dieser Flüssigkeit befindet, als bei gewöhnlicher Temperatur (Pohl[166]). In ganz trocknem Zustande ist Chlorsilberpapier weniger lichtempfindlich, als im feuchten (Spiller[168]), die Unterschiede in den atmosphärischen Feuchtigkeitsgraden und Temperaturen sind jedoch ohne Einfluss (Bunsen und Roscoë[169]). — Chlorsilberpapier schwärzt sich rascher, wenn überschüssiges Silbernitrat vorhanden ist [Talbot[170]), Hunt[c]), H. W. Vogel[164])]; ebenso wird die Färbung beschleunigt unter Zinnchlorür und gewissen alkalischen Lösungen, welche im Stande sind, das frei werdende Chlor zu binden (Spiller[180]) bei Gegenwart von Gelatine, Tannin, Morphin (Eder und Pizzighelli[185]), nach der Räucherung mit Ammoniak.

Zwischen der wirkenden Lichtintensität und den dadurch in gleicher Zeit erzeugten Schwärzungen besteht keine Proportionalität, so z. B. war bei Versuchen Bunsen's und Roscoë's[169]) bei 5mal intensiverer Belichtung die Intensität der Schwärzung nur um das 2,3fache vermehrt. — Die Lichtempfindlichkeit des Chlorsilberpapieres ist wohl von dem Gehalte des Papieres an Chlorsilber abhängig, nicht aber von der Natur des mit dem Haloid ursprünglich verbundenen Metalles [M'Dougall[171]), Wright[172])]; wohl aber dunkelt das aus verschiedenen Chloriden gefällte Chlorsilber im Lichte mit verschiedenen Farbennüancen nach: gefällt durch Salmiak wird es unter blauen Gläsern olivenbraun, durch

Chlornatrium und Chlorbarium purpurn, Chlornatrium hellpurpurn, Chlorcalcium reich violett, Eisenchlorid blau etc. [Hunt[c])[e]]. Gegenwart von organischen Substanzen, wie Eiweiss, Gelatine, Stärke macht die Farbe des Chlorsilbers mehr roth (Davanne und Girard[173]). — Wird Chlorsilber in Chlorwasser dem Sonnenlichte ausgesetzt, so bleibt es weiss, so lange freies Chlor vorhanden ist: nachdem dieses in Salzsäure übergegangen, beginnt die Schwärzung, die jedoch in einem dunklen Orte wieder verschwindet, um in der Sonne wieder dunkel zu werden (Morren[174]); Chlorsilber, in eine Glasröhre eingeschmolzen, wird im Sonnenlichte violett (Dissociation von Chlor), in der Dunkelheit nimmt es das abgeschiedene Chlor wieder auf und wird weiss (Tommasi[175]).

Die Zersetzung des Chlorsilbers im Lichte ist eine Dissociationserscheinung [Morren[174]), Schultz-Sellack[32])]. Es spaltet sich Chlor ab, welches entweder gasförmig entweicht, oder sish in der vorhandenen Flüssigkeit löst [Heinrich[a]), Fischer[165]), Wetzlar[b]), Wittstein[176]), Hunt[c]), H. W. Vogel[164])], und allmählich in Salzsäure übergeht. Dabei erleidet das trockene Chlorsilber einen Gewichtsverlust (Hunt[183]), und zwar nach Fischer[165]) von 0.2 Proc., nach A. Vogel[177]) von 0,12 Proc.; nach 5 Tagen wird unter Wasser nur 1 Proc. des Chlorsilbers zu Chlorür reducirt (Carey Lea[178]). Nach Tommasi erleidet Chlorsilber unter Wasser bei häufigem Umschütteln im Sonnenlichte einen Gewichtsverlust von 2,27 Proc. an Chlor, Bromsilber unter gleichen Umständen 2,3 Proc. an Brom (Phot. Mitth. 1882. S. 219). Das violette Reactionsproduct ist um mehre Procente ärmer an Chlor, als das weisse Chlorid [Tommasi[179]), Spiller[180])], und entspricht selbst nach $1^1/_2$ jähriger Lichtwirkung erst der Formel Ag_3Cl_2 (Riche[181]) und darf nicht als reines Silbersubchlorid betrachtet werden, obschon man es gewöhnlich Ag_2Cl schreibt; es enthält kein Metall, sondern Silbersubchlorid, wie schon Fischer 1814[165]), dann Wetzlar[b]), H. W. Vogel[164]), Carey Lea[178]) zeigten, weil Salpetersäure kein Silber auszieht. Metallisches, durch Salpetersäure ausziehbares Silber mengt sich nur bei: nach sehr langer Belichtung des Chlorsilbers (Fischer[165]), bei Gegenwart von Silbernitrat, welches für sich selbst Metall ausscheidet, durch secundäre Wirkung von Alkalichlorid auf Subchlorid (Spaltung in Chlorid und Metall, H. W. Vogel), bei Gegenwart organischer Substanzen. — Andere halten das im Lichte gefärbte Chlorsilber für kein Subchlorid, so Bibra[182]), weil er keinen Gewichtsverlust und andere Reactionen, als bei dem aus citronensaurem Silberoxydul dargestellten Subchlorid beobachtete: nach Hunt[c])[g]) nimmt das Chlorsilber, wenn man es mit Luft über Wasser belichtet, einen Theil der Luft auf, nach Sahler[184]) schwärzt sich trockenes Chlorsilber in reinem

Stickstoff langsamer, als in Sauerstoff, weshalb die letzteren das Product für ein Oxychlorür halten. Nach Carey Lea ist jedoch das im Lichte geschwärzte Chlorsilber kein Oxychlorid, weil es sich auch bei Abwesenheit von Sauerstoff und Feuchtigkeit unter Naphtha schwärzt (Eder's Jahrb. f. Photogr. VI. für 1891). — Durch Ammoniak, Cyankalium etc. wird das im Lichte zersetzte Subchlorid in Chlorid und Metall gespalten. Diese Zersetzung geht beim Fixiren von photographischen Bildern vor sich. Ueber die Wirkung des Spectrums s. unten. Ueber Verhalten des Chlorsilbers gegen Entwickler etc. s. u.

Als Photochlorid des Silbers bezeichnet Carey Lea eine eigenthümliche Art des Silbersubchlorides, welches sich in rother oder ähnlicher Farbe bildet, wenn man auf fein zertheiltes metallisches Silber unterchlorigsaure Salze etc. wirken lässt oder Chlorsilber in Ammoniak löst und mit reducirenden Substanzen (z. B. Eisenvitriol) zusammenbringt oder das Silberoxyd durch Hitze partiell reducirt und mit Salzsäure versetzt. Die entstandenen meist lebhaft roth gefärbten Verbindungen hält Carey Lea identisch mit den durch Belichtung entstandenen Producten des Chlorsilbers. Das Photochlorid enthält $1^1/_2$ bis 7 Proc. Silbersubchlorid. Die rosenfarbige Form des Photochlorides nimmt im farbigen Lichte die entsprechenden Färbungen an und geben (ähnlich wie die Becquerel'schen Schichten) Photographien in natürlichen Farben. (Die sehr ausführliche Abhandlung s. Americ. Journ. of Science. 1887; Phot. Corresp. 1887. S. 287 u. ff.)

Die helleren Nuancen des Photochlorides werden im diffusen Lichte rach purpurn, die dunkleren erleiden keine wesentliche Aenderung; gegen Salpetersäure ist es constant; eine Erwärmung führt das Photochlorid allmählich in die rothe Nuance über. Das Spectrum wirkt am besten auf die rosenrothe Nuance ein und gibt die Farben, mit Ausnahme von Roth, wieder; im Gelb und Grün tritt Bleichung ein. Auch im weissen Lichte wird die rosenrothe Nuance gebleicht, wenn man etwas Blei- oder Zinkchlorid zusetzt. Das Maximum der Spectralwirkung liegt bei *F*. (Carey Lea, Sill. Journ. Bd. 38, S. 349. 1887.)

Zu der von Carey Lea in Philadelphia erfolgten eingehenden Publication über rothes Silber-Chlorid, Bromid und Jodid, sowie über Heliochromie und das latente photographische Bild (vergl. Eder's Jahrbuch für 1888. S. 462) machte Hodgkinson Versuche, welche mit Lea's Ansichten nicht übereinstimmen.

Nach Hodgkinson hat das sog. Silberphotochlorid von Lea die Zusammensetzung: $Ag_3 Cl_3 Ag_2 O$. Beim Belichten von Chlorsilber unter Wasser beobachtete er die Bildung von Ozon: sind Nitrite in der über dem Chlorsilber stehenden Lösung enthalten, so bildet sich bei der

Belichtung Stickoxyd. Beim Glühen verliert das völlig trockene Photochlorid an Gewicht, was beim Chlorsilber nicht der Fall ist (Photographic News. Chemiker-Zeitung. Bd. 11, S. 216). [Vergl. S. 173.]

Carey Lea folgert aus einer Reihe von Beobachtungen, nach welchen Chlorsilber sehr hartnäckig Eisenchlorid, Cobaltchlorid, Quecksilberchlorid etc. festhält, dass das Chlorsilber mit anderen Chloriden chemische Verbindungen eingehe, welche auch das photographische Verhalten beeinflussen. Die Abhandlung ist eine ausgedehnte („Phot. Corresp." 1887. S. 505; aus Americ. Journ. of Science. Nov. 1887. Bd. XXXIV).

Taucht man eine gut polirte Silberplatte in eine ca. 5procent. Eisenchloridlösung während 10 Secunden, nimmt sie heraus, trocknet sie ab und bedeckt sie mit einem rothen, grünen, orangefarbigen und blauen Glase, so erscheinen auf der Platte im Sonnenlichte nach 10 Minuten die Farben. Brom- und Jodsilber zeigen keine Wiedergabe der Farben (G. Staats, Beibl. Annal. Phys. u. Chem. 1887. S. 786; ältere Angaben machten E. Becquerel, Poitevin, Zenker u. A.). Staats hält die Farben für physikalische Farben dünner Blättchen, denn die verschiedenen Farben waren nicht zu isoliren; Salpetersäure löste die Blättchen ab, welche sodann im reflectirten, wie im auffallenden Lichte die ihnen charakteristischen Farben zeigten (ibid. 1888. S. 510). [Vergl. S. 150.]

Bromsilber zeigt ein ähnliches Verhalten im Lichte, wie Chlorsilber; es färbt sich unter Bromverlust grauviolett. Aus überschüssiger Silberlösung gefälltes AgCl zersetzt sich schneller im Lichte, als das aus Ueberschuss von Silberlösung gefällte AgBr; mit überschüssiger NaCl-Lösung gefälltes AgCl zersetzt sich dagegen langsamer, als das mit überschüssigem NaBr gefällte AgBr (H. W. Vogel [164]), [vergl. auch das folgende Capitel]; es zeigt eine grössere Farbenempfindlichkeit als Chlorsilber, gibt aber das Spectrum nicht mit seinen Farben wieder*). Das geschwärzte Bromsilber gibt nach Vogel an Salpetersäure kein, nach Lea [178]) dagegen beträchtliche Mengen Silber ab, enthält somit nach Letzterem metallisches Silber (Unterschied von Chlorsilber). Jedenfalls wird die dunkle Färbung des im Lichte zersetzten Bromsilbers durch Salpetersäure nicht beseitigt, somit ist Subbromid vorhanden (Eder).

Jodsilber zeigt ein abweichendes Verhalten, indem es sich nur dann im Lichte bräunt (grünlichgrau) färbt, wenn es aus überschüssiger Silbernitratlösung gefällt war, nicht aber im geringsten, wenn es aus Jodkaliumüberschuss erzeugt war (Schnauss [186]). Diese letztere Angabe ist nicht vollkommen zutreffend, weil das Jodsilber auch in diesem Falle im Sonnenlichte etwas dunkler wird; Jodwasserstoff hemmt aber die Färbung des Jodsilbers in hohem Grade (Eder). Es lässt sich das

Entweichen von Jod während oder nach dessen Dunkelfärbung im Lichte nicht nachweisen (H. W. Vogel), selbst in der Wärme nicht (Schultz-Sellack[32]). Säuren verzögern die photochemische Färbung bedeutend: Salpetersäure (d = 1,2) bleicht das gebräunte Jodsilber, ohne aber Silber aufzulösen, ebenso stellt Jodkalium die Farbe wieder her; Gegenwart von jodabsorbirenden Substanzen, wie Höllenstein, Tannin, arsenigsaurem Natron etc. befördern die Zersetzung im Lichte energisch, indem sich wahrscheinlich ein Subjodid bildet (H. W. Vogel[164]) [187]).

Mit Jod, Brom oder Chlor geräucherte Silberplatten condensiren an den belichteten Stellen Quecksilberdämpfe (Daguerreotypie). Jod-, Brom- und Chlorsilber auf Papier (Talbot). Eiweiss (Niepce), Collodion etc. erhält durch die Belichtung die Eigenschaft, pulveriges Silber in statu nascendi, welches aus Höllensteinlösung durch Eisenvitriol-, Pyrogallussäure, Gallussäure-Lösung etc. gefällt wird, anzuziehen und dadurch das früher unsichtbare (latente) Lichtbild sichtbar zu machen (Hervorrufung, Entwickelung: Entwickelung durch Anziehung, physikalische Entwickelung). Bromsilber erhält durch kurze Belichtung die Eigenschaft, durch alkalisches Pyrogallol, Kaliumferrooxalat, ammoniakalisches Hydrochinon etc. reducirt zu werden (Entwickelung durch Reduction, chemische Entwickelung). Die Entstehung des latenten Lichtbildes wird beschleunigt: durch jod-, brom- oder chlorabsorbirende Substanzen, wie Brechweinstein, schwefligsaures und arsenigsaures Natron, Tannin, Ferrocyankalium etc., insbesondere aber Silbernitrat, welche Substanzen Vogel als „chemische Sensibilisatoren" bezeichnet; bei Gegenwart gewisser Farbstoffe neben den „chemischen Sensibilisatoren" wird durch optische Absorption die Farbenempfindlichkeit erhöht (s. unten). Besonders lichtempfindlich ist Bromsilber in Gelatine emulsionirt. Auch Chlorsilber lässt die „chemische Entwickelung" zu, jedoch dienen hierfür schwächere Reductionsmittel (z. B. Ammoniumferrocitrat, neutrales Pyrogallol) als Entwickler (Eder und Pizzighelli[185]). Sowohl Bromsilber- als Chlorsilbergelatine-Emulsion werden durch $^1/_2$ stündiges Kochen (besonders für die weniger brechbaren Strahlen) viel empfindlicher[190]) [189]) [185]). — Bis zu einem gewissen Grade nimmt mit der Dauer der Belichtung die Fähigkeit der Silbersalze sich im Entwickeln zu schwärzen zu, darüber hinaus aber wieder ab (sog. Solarisation[a]), welcher Process sich einige Male hintereinander wiederholt [Moser 1842 und 1843[191]), Janssen[192])]: diese sog. negative Wirkung der Lichtstrahlen zeigt sich besonders im Roth des Spectrums, indem die weniger brechbaren Strahlen die vorausgegangene Wirkung der stärker brechbaren aufheben (s. unten) und zwar ist die Solarisation nach Abney[195]) als Oxydationserscheinung aufzufassen, welche bei sehr langer Belichtung im ganzen Spectrum

sowohl im Violett als im Ultraroth auftritt. — Ueber das Verhalten des latenten Lichtbildes gegen chemische Agentien s. unten; es deutet Alles auf die Anwesenheit von minimalen Mengen von Silbersubjodid. -bromid oder -chlorid hin.

Viele andere Silbersalze, namentlich der organischen Säuren, schwärzen sich im Lichte, so dass kohlensaure[b]) [209]), phosphorsaure, oxalsaure, weinsaure, citronensaure, benzoësaure Silberoxyd, welche auch die Entwickelung des Bildes mit Gallussäure und Silbernitrat (Hunt[c]) oder alkalischem Pyrogallol (Carey Lea[196]) gestatten. Ueber die Lichtempfindlichkeit der Silbersalze beim Copirprocess s. weiter unten, sowie dieses Werk Bd. IV (Copirverfahren mit Silbersalzen).

Von den organischen Substanzen, welche eine Zersetzung im Lichte erleiden, seien erwähnt: Salpeteräther wird gelb (Senebier, S. 36), — Dampf von Amylnitrit bildet im Lichte schwere Nebel von Amylnitrat und Untersalpetersäure, besonders wirken hier die stärker brechbaren Strahlen; Allyljodid und Isopropyljodid verhalten sich ähnlich (Tyndall[197]). — Wässerige Oxalsäure wird unter Oxydation zerstört; die neutralen Alkalisalze derselben sind beständiger, aber auch nicht unveränderlich [Mohr und Wittstein[201]), Downes und Blunt[198])]. Oxalsäurelösung reducirt nach der Belichtung rascher Goldsalze, als zuvor (Niepce und Corvisart[200]). — Graphitsäure wird schwarz (Brodie). — Nitrocuminsäure gibt einen rothen Niederschlag (Gibbons). Die Nitrocuminsäure gibt im Lichte eine rothe, gleichfalls saure Substanz von fast gleicher Zusammensetzung (Paterno und Fileti, Fortschr. d. Phys. 1876. S. 621). — Santonin wird im Lichte gelb und die Krystalle zerspringen (Merk, Trommsdorff, Heldt); es bildet sich Photosantonin (Sestini[199]). — Die Lösung der Chininsalze (Pasteur), sowie trocknes oder feuchtes schwefelsaures Chinin bräunt sich an der Sonne (Leverkühn, Kastner); es bildet sich Chinidinsulfat, besonders unter dem Einflusse jener Strahlen, welche Fluorescenz erregen (Chastaing[60])[f]) — Hämatoxylin wird ohne Aenderung der Zusammensetzung, selbst im Vacuum durch Licht roth. — Blutalbumin wird durch Einwirkung des elektrischen Lichtes entfärbt (Chemiker-Zeitung, 1881. S. 97). — Papier, welches mit Stärke überzogen ist, wird nach einer Stunde in der Sonne so verändert, dass es sich mit Jodkaliumlösung ziegelroth färbt; besonders wirksam ist das blaue und violette Licht (Niepce[202]).

Das elektrische Licht bewirkt, wie das Sonnenlicht, das Vergilben von Papieren, welche Holzstoff enthalten (Meistner, Elektrotechn. Zeitschrift. 1887. Bd. 8, S. 252).

Julius Wiesner studirte den Einfluss des Gaslichtes auf das Vergilben des Holzpapieres. Derselbe wies durch ausführliche Ver-

suche nach, dass die Bestandtheile des Leuchtgases, sowie die gasförmigen Verbrennungsproducte desselben weder allein, noch in Gegenwart reichlicher Mengen Sauerstoff das Vergilben des Holzschliffpapieres veranlassen; in schlecht ventilirten, mit Gas beleuchteten Räumen freiliegende Papiere jeder Art können jedoch nach längerer Zeit mit einer bräunlichen Russschicht beschlagen. Jedenfalls übt also das Gaslicht als solches in regelrecht geheizten und ventilirten Räumen keinen schädigenden Einfluss auf das Holzschliffpapier der Bücher aus (Dingler's Pol. J. 266. S. 181—184.)

Ueber Lichtempfindlichkeit verschiedener Farbstoffe, welche in der Druckindustrie verwendet werden, machte Inspector G. Fritz der Wiener Hof- und Staatsdruckerei Mittheilung (Phot. Corresp. 1888. S. 243). Wir verweisen auf den ausführlichen Bericht und bemerken hier nur, dass Anilinfarben auf Holzstoffpapier im Sonnenlichte viel rascher zerstört wurden, als dieselben auf Hadernpapier.

Die meisten bis jetzt gemachten Beobachtungen über die chemischen Wirkungen des Sonnenspectrums lassen sich in folgende Sätze subsummiren (Eder[f]):

1. Das Licht von jeder Farbe, vom äussersten Violett bis zum äussersten Roth, sowie die unsichtbaren infrarothen und ultravioletten Strahlen können eine chemische Wirkung äussern.

2. Jene Strahlen, welche chemisch auf einen Körper wirken, müssen von demselben verschluckt werden; die chemische Lichtwirkung hängt mit der optischen Absorption eng zusammen.

3. Jede Farbe des Spectrums kann oxydirend und reducirend wirken, je nach der Natur des lichtempfindlichen Körpers.

4. Wenn sich auch die oxydirende Wirkung der rothen und die reducirende der violetten Lichtstrahlen nicht scharf sondern lässt, so kann man doch im Allgemeinen sagen, dass das rothe Licht auf metallische Verbindungen meistens oxydirend, das violette Licht aber meistens reducirend wirkt. Der Fall, dass das rothe Licht auch reducirend auf metallische Verbindungen wirken kann, tritt besonders deutlich bei der Photographie des Spectrums auf Silbersalzen mit Hervorrufung ein. — Auf die Verbindungen der Metalloïde unter einander wirkt hauptsächlich das violette und blaue Licht, wie z. B. auf Chlorknallgas, Salpetersäure, schweflige Säure, Jodwasserstoff etc. (Schwefelwasserstoffwasser wird aber durch rothes Licht rascher zerstört). Die Lichtwirkung ist je nach der Natur der Substanz theils oxydirend, theils reducirend. — Auf organische Verbindungen (namentlich farblose) wirkt in den meisten Fällen das violette Licht am kräftigsten oxydirend ein; Farbstoffe werden von den Lichtstrahlen am stärksten oxydirt, welche sie absorbiren. In allen Fällen ordnet sich aber die chemische Wirkung des farbigen Lichtes

dem Gesetze unter, dass jene Strahlen am kräftigsten wirken, welche von der lichtempfindlichen Substanz stark absorbirt werden.

5. Nicht nur die Absorption der Lichtstrahlen durch den belichteten Körper selbst, sondern auch die Absorption des Lichtes durch beigemengte Stoffe spielt bei der chemischen Wirkung des Lichtes eine Rolle. Die Lichtempfindlichkeit des ersteren wird für jene Lichtstrahlen, welche die letzteren absorbiren, häufig gesteigert (Farbstoffe als Sensibilisatoren).

6. Eine dem lichtempfindlichen Körper beigemengte Substanz, welche den durch das Licht ausgeschiedenen Bestandtheil (Sauerstoff, Jod, Brom etc.) chemisch verbindet, befördert die Zersetzung durch das Licht in Folge prädispondirender Verwandtschaft. Solche Körper nennt man chemische Sensibilisatoren.

7. Das Verhalten gegen farbiges Licht variirt bedeutend mit der Reinheit der betreffenden Verbindung und deren molekularem Zustand, eventuell mit der Art der Hervorrufung des latenten Bildes auf Silberverbindungen (besonders bei Bromsilber [189]) [190]).

8. Die directe Zersetzung einer Verbindung (z. B. Schwärzung von AgJ, AgBr und AgCl) durch die Lichtstrahlen läuft nicht parallel mit der Entstehung des latenten Lichtbildes und Hervorrufung desselben.

9. Die Wirksamkeit des Sonnenspectrums schwankt bedeutend mit dem Zustande der Atmosphäre, so dass auch bei gleichem Sonnenstande und anscheinend reinem Himmel der chemische Effect nur selten gleich ist; absolute Zahlen über die chemische Wirkung der verschiedenen brechbaren Strahlen des Spectrums lassen sich deshalb nicht mit Sicherheit geben.

V. Zusammenhang von Licht und Wärme und abnorme Druck- und Lichtwirkungen.

A) Allgemeines.

Manche durch Licht bewirkte Veränderungen lassen sich auch durch Temperaturerhöhung hervorbringen [Reduction von Goldchlorid oder Silbernitrat auf Zeug, Papier, ätherischer Chlorgoldlösung (Rumford, S. 51, Juch, S. 51), Vereinigung von Chlor und Wasserstoff, Zersetzung von Salpetersäure, Quecksilberoxyd, Silberoxyd, Bleichen von Safflor, Campeche, Curcuma etc. (Gay-Lussac und Thénard, S. 76), Veränderung von Phosphor]. In manchen Fällen kann aber eine Temperaturerhöhung das Licht durchaus nicht vertreten (Zersetzung von Chlor-, Brom-, Jodsilber [120]), häufig aber fördert die Erhöhung der Temperatur die Wirkung des Lichtes, so z. B. auf Chlorwasser (Draper [8]), auf Ferridoxalat, auf das Gemisch von Quecksilberchlorid und Ammoniumoxalat, welches bei 60 Grad dreimal und bei 100 Grad 185 mal so viel Quecksilberchlorür

im Lichte ausscheidet, als bei 0 Grad [Eder[9]) [121])]; auf ein Gemenge von Kaliumchromat und Gelatine wirkt das Licht bei 25 Grad dreimal rascher, als bei 5 Grad (Vidal[13]), bei 11 Grad doppelt so rasch, als bei 0 Grad (Lamy[14]).

Sowohl bei nassen Collodionplatten, als Trockenplatten (z. B. Emulsionsplatten), kann man die Exposition abkürzen, wenn man den Entwickler erwärmt. (Näheres s. bei den einzelnen Verfahren.)

B) Moser'sche Lichtbilder.

Moser[10]) zeigte zuerst 1842, dass eine Oberfläche, die an einzelnen Stellen von einem anderen Körper berührt wird, die Eigenschaft annimmt, an diesen Stellen alle Dämpfe, welche mechanisch an ihr adhäriren oder oder sich chemisch mit ihr verbinden können, in anderer Weise als an den unberührten Stellen auf sich niederzuschlagen.

Schreibt man auf Glas mit einem Körper, welcher die Oberfläche nicht ritzt, so wird die Schrift beim Anhauchen sichtbar. Ferner, wenn man Geldstücke auf eine Glas- oder Metallplatte legt, und einige Stunden darauf liegen lässt, so ist zwar nach dem Abnehmen keine Veränderung zu erkennen, wenn man aber auf die Platte haucht, oder sie anderen Dämpfen z. B. Quecksilber oder Jod aussetzt, so entstehen schöne Bilder des Gepräges. Vollständige Berührung ist nicht nöthig, um diese Bilder zu erzeugen, die blosse Nähe ist hinreichend. Das allgemeine Gesetz dieser Erscheinung kann so ausgedrückt werden: „Wenn zwei Körper sich hinreichend genähert werden, so bilden sie sich gegenseitig ab."

Moser schrieb diese Wirkung Lichtstrahlen zu, die für unsere Augen nicht wahrnehmbar sind und gab diesen Strahlen den etwas paradoxen Namen „unsichtbares Licht".

Jedoch findet die Erzeugung Moser'scher Bilder, sowohl im hellen Tageslichte als im Finstern, sowohl bei unmittelbarer Berührung des Gegenstandes mit der Platte, als auch bei sehr geringer Entfernung beider statt, so dass alle diese Umstände den Entdecker veranlassten, die Existenz eines von ihm so benannten unsichtbaren Lichtes anzunehmen.

Moser hielt die Lichtwirkung bei Daguerreotypplatten und die dadurch bewirkte Condensation von Dämpfen durch dieselbe Ursache, wie die Hauchbilder, bedingt. Auf belichteten Daguerreotypplatten liessen auch Wasserdämpfe das Bild hervortreten. Reines Silber, Kupfer, Glas verändern sich im Lichte nach 1 bis 2 Stunden derartig, dass man Bilder durch Quecksilber-, Jod- und Wasserdämpfe erhält.

Waidele zeigte 1843 hingegen, dass die Ursache der Entstehung der sog. Moser'schen Hauchbilder eine andere sei. Jeder Körper ist nämlich von einer Gasatmosphäre umgeben. Entfernt man diese Atmo-

sphäre durch Ausglühen oder durch Poliren der Platte mit ausgeglühtem Tripel, so tritt an den Berührungsstellen ein Austausch der den letzteren Körper einhüllenden Atmosphäre ein und die Dämpfe schlagen sich an den verschieden afficirten Stellen verschieden nieder, so dass dadurch die Charaktere des aufgesetzten Körpers zur Wahrnehmung gelangen. Deshalb zeigt sich auch die Wirkung, wenn die Körper sich nicht unmittelbar berühren. Auch gelingt der Versuch umgekehrt, wenn nicht die Platte, sondern der auf sie einwirkende Körper frisch gereinigt ist, nur ist der Niederschlag an den entgegengesetzten Seiten.

C) Einfluss des mechanischen Druckes auf lichtempfindliche Schichten.

Uebt man auf Jodsilberschichten im nassen Collodionverfahren oder auf Bromsilbergelatine-Trockenplatten einen kräftigen Druck mit Glas- oder Metallgegenständen etc., so wird die Silberschicht in ähnlicher Weise afficirt, als ob Licht darauf eingewirkt hätte und die photographischen Entwickler rufen ein „Druckbild" hervor (s. Bd. III dieses Werkes, X. Cap., S. 94 der vierten Auflage).

D) Thermographien (Wärmebilder).

Den Berührungsbildern Moser's analog sind die Wärmebilder von Hunt und Knorr[11]) und die Bilder durch Elektricität von Karsten.

Hunt untersuchte die Wärmebilder oder Thermographien näher und fand, dass besonders dann gute Hauchbilder durch Wärme erhalten werden, wenn man ungleiche Metalle auf einander legt. Sehr scharfe Abdrücke erhielt er durch Auflegen einer Münze (Goldmünze) auf eine Kupferplatte, welche erhitzt wurde. Es wirken nach Hunt die Wärmeverhältnisse stark auf das Resultat ein.

Verschiedene Gläser, Glimmer etc. auf eine polirte Kupferplatte gelegt, liessen einen durch Dämpfe sichtbar werdenden Eindruck zurück. Als die mit diesen Körpern bedeckte Kupferplatte den Sonnenstrahlen und dann Quecksilberdämpfen ausgesetzt wurde, erschienen die Bilder verschieden deutlich in folgender Ordnung: Unter berusstem Glas, Crownglas, rothem Glas, Glimmer, orangefarbenem Glas, Papier, Kohle, einem Goldstück, blauem Glas. So zeigte sich deutlich, dass nur die Wärmestrahlen Einfluss auf das Metall hatten.

Die Wirkung, durch welche das thermographische Bild entsteht, ist ohne Zweifel eine sehr complicirte. Die Wärmestrahlung hat hierbei einen sehr grossen Antheil und die materiellen Dämpfe, welche der erhitzte Gegenstand ausgibt, können auch eine Rolle spielen. Bei den Bildern der Münzen etc. ist entschieden die Wärme vorherrschend.

Niepce setzte 1859 die Versuche seiner Vorgänger über Wärmebilder fort[12]).

Durch dunkle strahlende Wärme von 100 Grad C. kann man auf gesilbertem Papier durch Hervorrufung Bilder hervorbringen. Allerdings erfolgt der Eindruck sehr langsam.

Legte Niepce auf eine erwärmte (100 Grad) Metallplatte einen Kupferstich oder sonstigen Druck, dann ein mit Silbernitrat getränktes Papier, so entstand in den Lichtern des Stiches ein lichtbraunes Bild. Auf Papier, das zuerst mit Silbernitrat, dann Goldchlorid getränkt war, entstand aber ein violettes Bild von den Schwärzen des Stiches, resp. von den Buchstaben. Auch auf mehrere Millimeter Entfernung reproducirten sich grosse Buchstaben; dagegen nicht, wenn man ein Blatt Glimmer oder Metall dazwischen bringt. (Tinte, Grafit-Zeichnungen copiren sich selten.)

Glasirte Porzellanplatten mit schwarzen Buchstaben gaben Abdrücke; mit Glasur überzogene aber nicht.

Münzen und Cameen reproducirten sich sehr gut, selbst auf eine Entfernung, auch wenn ein sehr dünnes Blatt Glimmer, Silber oder Kupfer dazwischen gelegt wurde, wenn die Pressung stark oder die Temperatur hoch war.

Auch gefärbte Zeuge copirten; bald aber entstand ein Abdruck der Schatten, bald der Lichter (variabel, je nach der Natur der Farbe und Beize). Z. B. gab Indigoblau auf weissem Kattun stets eine Copie des Blau, bei Berlinerblau dagegen von Weiss.

Auch Gaultier de Claubry fand (1859), dass es genügt, in einem Trockenofen ein bedrucktes oder beschriebenes Blatt einer Temperatur von 100 Grad C. auszusetzen, um, wenn man es dann mit einem empfindlichen Papiere bedeckt, ein Bild zu erhalten, das sich sodann wie ein Lichtbild entwickeln lässt.

Photographie dunkler Wärmestrahlen. Ives liess das Licht eines Kalklichtes in eine Camera fallen und stellte einen metallischen Gegenstand vor, so dass ein Schattenbild entstand. Dann schob er vor das in einem Kasten befindliche Kalklicht einen schwarzen Glasschirm, welcher nur die Wärmestrahlen durchlässt und brachte dann an die Stelle der Visirscheibe eine mit Leuchtfarbe bestrichene phosphorescirende Tafel. Die Wärmestrahlen löschten nun an den Bildstellen das Phosphorescenzlicht aus und wenn er die Tafel mit einer Bromsilberplatte in Contact brachte, entstand ein positives Bild. Heisses Eisen an Stelle des Kalklichtes erwies sich nicht brauchbar, indem seine Strahlen durch Wasserdampf der Luft absorbirt wurden (Philadelphia Photogr. 1887. S. 180. Eder's Jahrbuch f. Photogr. für 1889. S. 349). Vergl. auch das Verhalten von Bromsilbercollodion gegen das Sonnenspectrum in einem der folgenden Capitel dieses Bandes.

E) Niepce's Neue Lichtwirkung.

An diese Beobachtungen knüpfte Niepce noch weitere, welche eigenthümliche Eigenschaften des Lichtes erkennen lassen.

Gewisse rauhe unorganische Körper, wie die frische Bruchseite eines Porzellantellers, eine matt geschliffene Stahlplatte, mattes Glas erhalten durch 2 bis 3stündiges Belichten in der Sonne die Eigenschaft durch blosse Berührung (nach 24 Stunden) Chlorsilberpapier im Finstern zu schwärzen. Es scheint das violette Licht hierin eine geringere Wirkung als weisses zu haben.

Arnaudon wiederholte diese Versuche in verschiedenen Gasen mit demselben Erfolge.

Niepce fand weiter, dass eine oxydirte (angelaufene?) Eisenplatte im Schatten Silbersalze nicht reducirt, wohl aber, wenn sie belichtet war.

Eine Röhre von Weissblech, welche mit Carton ausgelegt wurde, der mit Weinsäure imprägnirt war und belichtet wurde bis zu dem Punkte, wo Silbernitrat stark reducirt wird, vermag nach 48 Stunden eine in der Mitte eingeschlossene schwache Stärkelösung derartig zu verändern, dass sie die Fehling'sche Kupferlösung schwach reducirt; andere Stärkelösung hat keine Wirkung auf diese Lösung.

Niepce schliesst aus diesen Versuchen, dass diese andauernde Kraft, welche alle porösen Körper durch die Belichtung erhalten, nicht Phosphorescenz sein kann, da diese nach Becquerel's Versuchen nicht so lange andauern würde; es sei daher viel wahrscheinlicher, dass es eine unseren Augen unsichtbare Ausstrahlung ist, wie Foucault glaubt, eine Ausstrahlung, welche Glas nicht durchdringt. Mit Elektricität steht die Erscheinung nicht in Verbindung.

Niepce exponirte ferner einen weissen Carton in der Camera durch 3 Stunden in der Sonne, deckte dann im Finstern ein sensibles Papier darauf und erhielt nach 24 Stunden einen ziemlich deutlichen Abdruck.

Ein befeuchteter und den Sonnenstrahlen ausgesetzter Kupferstich reproducirt sich nach Niepce sehr schön auf sensibilisirtem Papier. Dasselbe fand Busk[228]); er brachte den schwachen Eindruck durch Uebergiessen mit Pyrogallus und Silbernitrat zum kräftigen Erscheinen; auch Aussetzen ans Licht entwickelte den kaum sichtbaren Eindruck. Wird der Kupferstich jedoch einige Millimeter mit Wasser bedeckt, so reproducirt er sich nicht. Jedoch fand Niepce[6]), dass auch durch blosses Darauflegen eines bedruckten Papieres auf Silbernitrat-Ammoniakpapier nach mehreren Tagen ersteres sich abbildet und zwar auch von der Aussenseite des bedruckten Papieres.

Niepce's Beobachtung, dass das Licht einem insolirten Körper eine bleibende Activität ertheilt, wurde mehrfach angegriffen. Er widerlegte die Entgegnungen durch folgenden Versuch.

Er steckte in eine Röhre von Weissblech, die in Eis gekühlt war, ein insolirtes mit Weinsäure*) getränktes Papier. Die Röhre blieb 24 Stunden mit Eis umgeben, während ihre Oeffnung mit einem getrockneten Silbernitrat-Papiere bedeckt war. Als Matrize diente ein zwischen der Oeffnung und dem empfindlichen Papiere eingeschaltetes dünnes mit Buchstaben bedecktes Papier. Das Silbernitrat-Papier liess mit Gallussäure ein Bild entwickeln. Daraus schloss Niepce, dass hier das Licht wirklich und unabhängig von einer Wärmestrahlung eine Wirkung ausgeübt hat.

Insolirtes Papier verliert alle Eigenschaften, durch blosse Berührung Silberpapier zu reduciren, wenn man es eine Stunde lang den Wasserdämpfen aussetzt.

Leitet man über Papier im Finstern ozonisirten Sauerstoff, so erhält es ganz dieselben Eigenschaften, wie sie Niepce bei seinem belichteten Papier beschreibt. Man muss also schliessen, dass die Erscheinung rein chemischer Natur ist (Thenard[7]).

Malone zeigte, dass ein mit Silbernitrat getränktes Papier schon durch das $^1/_2$ stündige Darauflegen von bedrucktem Papier ohne jede Lichtwirkung die Eigenschaft erhält, durch Gallussäure ein Bild zu entwickeln. Dieses entsteht als schwaches Positiv; nach dem Trocknen erscheint aber das Bild in der Durchsicht schwach negativ[225]).

Darnach wäre also die Annahme einer besonderen Strahlung von aufgesaugtem Lichte ganz überflüssig. Eine Hauptursache mag häufig in der Entwickelung von reducirenden Gasen liegen.

Diese merkwürdige Eigenschaft des Lichtes tritt bei manchen photographischen Processen durch sonderbare Phänomene zu Tage, wovon hier einige beschrieben sind.

Als Malville-Raven in einem Copirrahmen ein Negativ auf Salzpapier copirte und dann das Negativ wechselte, um sofort ein anderes zu copiren, erschien an der Rückseite des neuerdings eingelegten Salzpapieres ein schwacher Abdruck des gerade vorher entfernten Negativs, während die empfindliche Seite natürlich ein Bild des unmittelbar aufgelegten Negativs aufnahm. In manchen Fällen, wo zwei oder drei Negative nach einander gewechselt worden waren, sah man an der Rückseite des empfindlichen Papieres deutliche Spuren der Zeichnung eines jeden derselben. In dem Rahmen trennte ein dünner trockener Carton das empfindliche Papier von der Rückwand[226]).

Ein frisch copirtes Albuminbild, im Finstern auf ein frisch gesilbertes Albuminpapier gelegt, verursacht auf letzterem das Entstehen eines schwachen Abdruckes (Marowsky[227]).

*) Papier, welches mit Weinsäure und Urannitrat getränkt ist, zeigt die hier beschriebenen Eigenschaften besser, als nicht getränktes.

H. W. Vogel erklärt diese Erscheinung dadurch, dass sich beim Copiren beträchtliche Mengen eines reducirenden Gases (?) entwickeln sollen, welches die Reduction von Silbernitrat verursache.

Quidde beobachtete folgende Erscheinung: Es wurde ein Bild auf Salzpapier copirt, hergestellt durch einfaches Salzen und Silbern des Papieres. Unmittelbar wurde eine andere Platte eingelegt und ebenfalls auf Salzpapier copirt. Da zeigte sich auf der Rückseite eine schwache Andeutung des Bildes der ersten Platte. Versuche, diese Erscheinung absichtlich herbeizuführen, gelangen nicht[227]).

Legt man zwischen Trockenplatten (speciell Bromsilber-Gelatineplatten) weisses Papier (z. B. an den Rändern beim Verpacken), so zeigt sich dort beim Entwickeln eine geringe Schwärzung, gerade so, als ob schwaches Licht gewirkt hätte. Ueber diesen Gegenstand siehe die ausführlichen Mittheilungen im III. Bande dieses Werkes (4. Aufl.).

F) Uebertragung der Lichtbilder durch Berührung.

Im Anschlusse an die angeführten Angaben seien auch die Versuche erwähnt, das durch kurze Belichtung erhaltene unsichtbare (latente) Lichtbild auf photographischen Platten, durch Berührung auf eine andere Platte zu übertragen.

Testelin gelang es durch kurzes Belichten erhaltene unsichtbare Lichtbilder auf Jodsilberpapier durch Anpressen an ein derartiges nicht belichtetes Papier zu übertragen, so dass Pyrogallussäure auf letzterem ebenso wie auf ersterem ein Bild entwickelte*). Laoureux fand 1880, dass eine exponirte Bromsilber-Gelatineplatte auf eine andere nicht exponirte, in einem Abstande von $^1/_2$ mm gelegt, der letzteren den Lichteindruck mittheilt, so dass sie beim Entwickeln ein gutes Bild gibt**). Pizzighelli gelang aber der Versuch nicht, und selbst Laoureux konnte bei einer Wiederholung nicht mehr die angegebenen Resultate erzielen***). Die ersten Versuche in ganz derselben Richtung machte schon Moser 1843 bei Daguerreotypplatten†), ohne jemals die Uebertragung des Lichtbildes zu beobachten.

Der Verfasser erklärte diese eigenthümlichen, sich selbst widersprechenden Beobachtungen daraus, dass die Gelatine bekanntlich mitunter phosphorescire und dass die Uebertragung des Lichtbildes aus dem Entstehen und der Wirkung eines vorübergehenden leuchtenden Bildes sich erkläre.

*) Testelin, Essai de théorie sur la formation des images 1860. S. 79.
**) Phot. Wochenbl. 1880. Bd. 6, S. 201.
***) Mitth. 1881. Bd. 18, S. 40.
†) Poggend. Ann. 1843.

VI. Zusammenhang von Licht und Elektricität.

A) Allgemeines.

Das Licht beeinflusst den Leitungswiderstand mancher Körper für Elektricität. Sehr auffallend ist dies beim Selen (s. S. 155); auch bei Silber nimmt die Leitungsfähigkeit durch die Belichtung um $1^1/_4$ Hundertel Procent zu (Börnstein*).

Ein mit einem empfindlichen Galvanometer verbundenes Kupfer-Zink-Paar, welches in eine Lösung von Urannitrat und Oxalsäure gestellt wird, gibt nach Niepce (1859) einen bei weitem stärkeren Strom unter dem Einflusse des Lichtes, als im Dunkeln. — Nach Pellat**) vermindert sich in einem länger gebrauchten Daniel'schen galvanischen Element die elektromotorische Kraft durch Belichtung. Denselben Gegenstand studirte Hankel***).

Eine jede materielle Verschiedenheit zweier Electroden, welche in einen Leiter zweiter Ordnung tauchen, strebt sich auszugleichen und ruft demgemäss einen galvanischen Strom hervor. Es lässt sich daher voraussehen, dass auch zwei mit einer lichtempfindlichen Substanz überzogene Metallplatten in einer leitenden Flüssigkeit einen Strom geben, sobald der eine durch Licht verändert wird.

Becquerel fand 1839 und 1840, dass zwischen zwei, in saure oder alkalische Flüssigkeiten getauchten Platin-, Gold- oder Silberplatten sofort ein elektrischer Strom circulirt, sobald man auf die eine der Platten Licht fallen lässt. Ein besonders starker Strom entsteht, wenn die Platten einen Ueberzug von Chlor-, Brom- oder Jodsilber haben. Becquerel stützte darauf sogar eine Methode der Photometrie (s. u.), und Griveaux studirte den photoelektrischen Strom bei Jodsilberplatten näher (Beibl. Annal. Phys. Chem. 1888. S. 178).

Egoroff in Petersburg fand die photo-elektromotorische Kraft zwischen jodirten Silberplatten = $^1/_{10}$ Volt. Dr. James Moser gelang es 1887 die photo-elektrischen Ströme erheblich zu verstärken dadurch, dass er die chlorirten, bromirten oder jodirten Silberplatten optisch sensibilisirte, indem sie in Farbstofflösungen gebadet wurden.

Durch Baden der Platten in Erythrosin, Benzopurpurin etc. erhielt Dr. Moser eine Verstärkung der elektrischen Wirkung, ganz parallel der zuletzt von Eder eingehend dargestellten Ausdehnung des optischen Effects. Es konnten im Sonnenlichte Kräfte bis zu einem halben Volt beobachtet werden (Eder's Jahrb. f. Photogr. für 1888. S. 297).

---

*) Beiblätter zu den Annalen d. Phys. Chem. 1881. S. 199.

**) C. r. 89. 227. Beibl. 1879. S. 5.

***) Wiedemann, Annal. Phys. 1875. I, 425.

Taucht man zwei Zinkplatten in Wasser, das etwas Calciumcarbonat enthält, und lässt Drummond'sches Licht auf eine derselben fallen, so entsteht ein elektrischer Strom (Minchin*).

Verbindet man den positiven Pol einer Batterie mit einer Metallscheibe und den negativen mit einem Drahtnetz und schaltet ein Galvanometer ein, so gibt die Beleuchtung mit ultraviolettem Lichte einen bedeutenden Ausschlag am Galvanometer (Stoletow, Righi, Bichat, Blondlot; Beibl. Annal. Phys. Chem. 1888. S. 605).

Wird ein mit Kienruss geschwärzter Metallcylinder negativ elektrisirt und mit einem Elektrometer verbunden, so wird sein Elektricitätsverlust verändert, wenn man die Aussenfläche mit ultravioletten Strahlen beleuchtet (Bichat, Beibl. Annal. Phys. Chem. 1888. S. 39).

Ueber photoelektrische Ströme s. auch Stoletow (Beibl. Ann. Phys. Chem. 1888. S. 902.

Ueber die Einwirkung des Lichtes auf das elektrische Leitungsvermögen des Chlor-Bromsilbers stellte Arrhenius (Sitzber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. 1887. Bd. 96 (2), S. 831) Versuche an. Er wickelte um eine rechteckige Glastafel zwei parallele Silberdrähte im Abstande von 2 mm, bestrich sie mit einer ammoniakalischen Lösung von Ag Cl oder Ag Br und erwärmte bis zum Eintrocknen der Schicht. Die Silberdrähte wurden mit einem Galvanometer verbunden, eine Batterie eingeschaltet, und Licht auf die Chlorsilberschicht geworfen. Bei der Belichtung gab das Galvanometer einen grösseren Ausschlag. Das Maximum der Wirkung liegt bei G — H (entsprechend der grössten chemischen Wirkung). Färbt man das Chlorsilber mit Farbstoffen (optischen Sensibilisatoren), so erhält man ein zweites Maximum des elektrischen Leitungsvermögens, welches dem Absorptionsstreifen des Farbstoffes entspricht.

Die Mitten der Würfelflächen der Flussspathkrystalle werden durch die Belichtung negativ elektrisch; die Intensität der negativen Spannung nimmt nach den Rändern und besonders nach den Ecken hin ab. Bei grösseren Krystallen zeigen jedoch die Ecken und zum Theil auch die seitlichen Ränder der Flächen die entgegengesetzte, also positive elektrische Polarität (Hankel 1877 und 1880). Besonders wirksam ist hierbei das violette Ende des Spectrums[236]). Vergl. ferner weiter unten „Elektrische Photometer".

Auch Bergkrystall wird unter dem Einfluss des Lichtes an allen Kanten elektrisch; die 6 Pole sind abwechselnd + und — elektrisch (Annal. d. Phys. u. Chemie. 1882. Bd. 250, S. 169).

Wird eine Cüvette mit gelöstem $CaSo_4$ und Seesalz gefüllt und in ein poröses, mit Hg gefülltes Gefäss hineingestellt, dann in das letztere

*) Chemical. News. 1880. Bd. 42, S. 269. Beibl. 1881. S. 139.

Pt Blech, in das erstere ein Blatt Ag_2S gethan, so entsteht im Finstern ein schwacher Strom, der durch Licht sofort verstärkt wird. Beim amerikanischen Amalgamatprocess zur Silbergewinnung beeinflusst Sonnenlicht die Wirksamkeit der Behandlung (Laur, Compt. rend. 1881. 93. 851. Corr. 882, 47.)

Treffen Sonnenstrahlen isolirte Seiten von Metall oder Kohle, so werden diese positiv elektrisch und zwar mit wachsender Intensität der Sonnenstrahlen stärker (Nodon, Beibl. Ann. Phys. Chem. 1888. S. 976).

Ueber Photographie elektrischer Schwingungen s. Julius Miesler (Sitzungsber. d. kais. Akademie d. Wissensch. in Wien. 1890. Eder's Jahrbuch f. Phot. für 1891).

B) Wirkung des Lichtes auf das Capillar-Elektrometer.

Dr. J. Moser beobachtete mehrfach, dass der Quecksilbermeniscus in der Capillare des Elektrometers sich verschiebt, wenn ein Strahl Sonnenlicht darauf fällt. Es ist vielleicht nothwendig hier zu erwähnen, dass bei diesem Apparat drei Flüssigkeitsschichten,

Quecksilber,
Schwefelsäure, verdünnt,
Quecksilber,

übereinander stehen. Das obere Quecksilber und die obere Portion der Schwefelsäure, also auch die obere Grenzfläche zwischen beiden, befinden sich in der Capillarröhre. Der untere Theil derselben Schwefelsäure und das untere Quecksilber in einem weiteren Gefässe.

Das obere Quecksilber in der Capillare zieht sich bei der Bestrahlung mit (Sonnen-) Licht in die Röhre zurück, der Meniscus steigt, gleichsam als würde er mit dem Zinkpol einer Batterie verbunden oder mit anderen Worten einer Wasserstoffpolarisation ausgesetzt. Dass eine elektrische und nicht etwa eine thermische Wirkung vorliegt, ist leicht zu beweisen. Verband er nämlich das obere und untere Quecksilber durch metallische Leitung, so hatte, wie erwartet, die elektrische Differenz nicht mehr statt, der Meniscus blieb auch bei Belichtung in der Ruhelage*).

C) Wirkung des Lichtes auf das Elektroscop.

Ein Elektroscop wurde durch 150 Volta'sche Elemente dauernd geladen, die Blättchen divergirten. Bei Bestrahlung mit Sonnenlicht nahm die Divergenz zu, bei Verdunkelung wieder ab.

Es muss bemerkt werden, dass die Wand des Glasgefässes des Elektroscopes in geeigneter Weise mit einem abgeleiteten Stanniolstreifen versehen war, so dass die statische Induction zwischen Blätt-

*) Eder's Jahrbuch f. Photographie.

chen und Streifen stattfand und durch die Bestrahlung verstärkt wurde (Dr. J. Moser a. a. O.).

D) Wirkung der Elektricität auf photographische Schichten.

Der elektrische Funke reducirt Chlorsilber, ähnlich wie das Licht (Becquerel[230]), ebenso auch Brom- und Jodsilber (Pinaud. 1843. L'institut. Bd. 11, S. 248).

Silliman und Goode fanden, dass der zwischen zwei Kohlenspitzen erzeugte Funke mehr Actinismus an der Seite des negativen Poles als an der des positiven habe[15]).

Odgen N. Rood[16]) liess den elektrischen Funken direct auf die empfindliche Collodionplatte fallen und erhielt so sehr scharfe Bilder

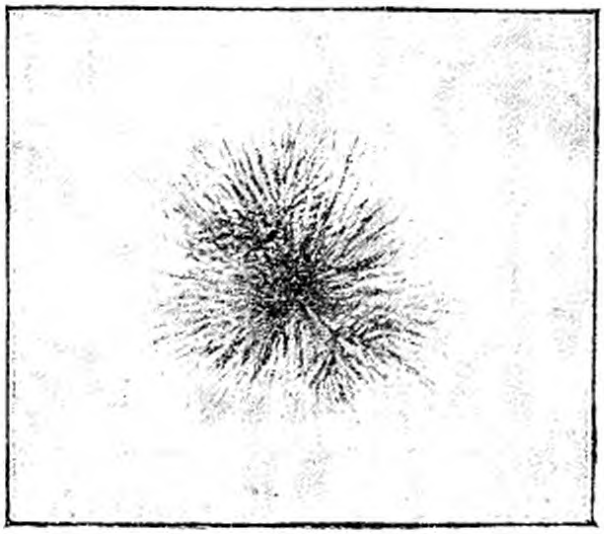


Fig. 3.

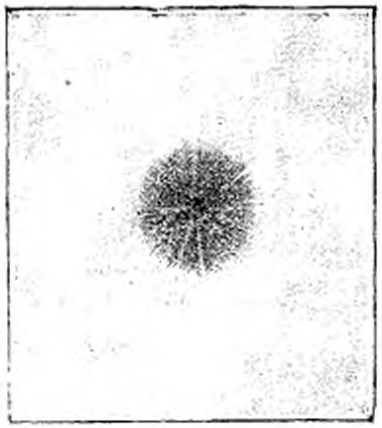


Fig. 4.

desselben. Er hielt diese Bilder durch Lichtwirkung (nicht durch Elektricität) entstanden. Der positive Funken gab einen Stern mit einem oder mehreren Ringen; der negative Funken gab ein ganz anderes photographisches Bild, nämlich Ringe, ohne Stern. Aehnliches fand später Schnauss (1875*).

Pinaud verglich 1851 die Wirkung der Elektricität mit der des Lichtes auf lichtempfindliche Platten und Papiere. Er erhielt beim Durchschlagen des Funkens durch jodirte oder bromirte Silberplatten glänzende Flecken von stahlblauer Farbe; schon ganz kleine Funken machen einen Eindruck, welche beim Entwickeln mit Quecksilberdämpfen (nach Art der Daguerreotypen) deutlich hervortreten. Ein trockenes, mit Bromsilber imprägnirtes Papier wurde ferner auf eine Metallplatte gelegt und der negative Funken durchgeleitet. Es entstand ein runder

*) Photogr. Archiv. 1875.

dunkelbrauner Fleck; der Versuch gelang nicht mit positiver Elektricität (?) oder nassem Papier. Silbernitrat- und Chlorsilber-Papier ist weniger zersetzlich, leicht dagegen Jodsilber-Papier welches durch Lichtwirkung dagegen viel weniger alterirt wird; die positive Elektricität macht auf letztere zackige, die negative runde Flecken[231]).

Auf Bromsilberplatten macht der elektrische Funke einen Eindruck (Stern), welcher beim Behandeln mit Oxalat-Entwickler sich hervorrufen lässt.

Der einfachste Weg, solche Bilder zu erzeugen, ist nach E. v. Gothard (Eder's Jahrbuch f. Photogr. für 1889. S. 111) der folgende: Man legt eine gewöhnliche Bromsilbergelatine-Emulsionsplatte auf eine isolirende Unterlage, so dass die empfindliche Schicht nach oben gerichtet ist, nach dieser Vorbereitung ladet man eine kleine Leydener Flasche auf einer Influenz-Maschine nach Belieben mit + oder — Elektricität und berührt die Mitte der Platte mit der Kugel der Flasche, oder noch besser, stellt man einen Draht senkrecht zu der Platte isolirt auf und berührt diesen mit der Kugel. Selbstverständlich muss das in einem Dunkelzimmer geschehen. Wenn jetzt die Platte in gewöhnlicher Weise entwickelt wird, erscheint ein schöner Stern mit vielen, langen, zarten Strahlen wenn positive Elektricität entladen (Fig. 3), oder eine Scheibe aus unzähligen feinen Strahlen bestehend, wenn negative Elektricität zur Erzeugung benutzt wurde (Fig. 4).

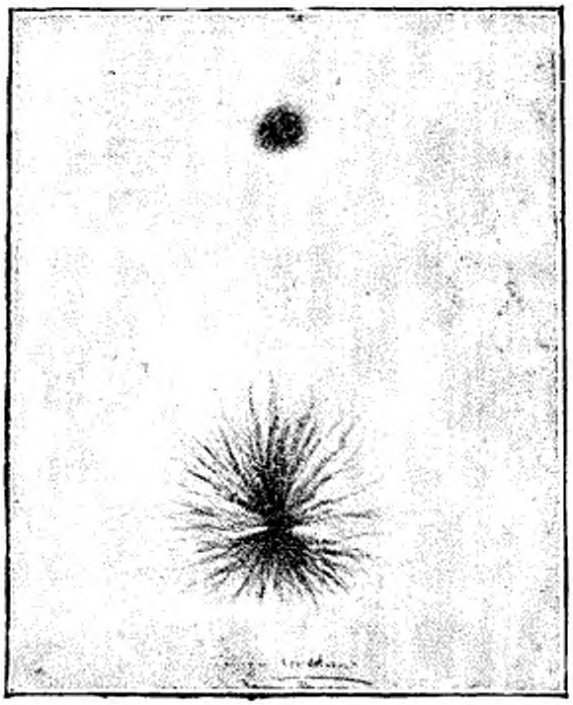


Fig. 5.

Wenn beide Belegungen der Flasche durch Drähte auf eine Platte geleitet waren, so wird die positive Figur mehr elliptisch (Fig. 5). Bei einem starken Funken und kleinem Abstande der Elektroden kann der Funke auch durchschlagen, wodurch eine interessante Abbildung (Fig. 6) erzeugt wird, welche besonders schön hervortritt, wenn die Glasseite der Platte mit Stanniol überzogen war und mit der Erde in leitender Verbindung stand.

Mit einer starken Influenz-Maschine von 15—20 cm Funkenlänge, bei Anwendung grosser Platten von 24 × 30 cm, ist es möglich, wunder-

bare Figuren zu erhalten, welche die Verbreitung und Abzweigung der Elektricität und die Verschiedenheit der beiden Pole sehr schön zeigen.

Arbeitet man mit grossen Funken, so muss man einige Vorbereitungen machen, der Verschleierung der Platte vorzubeugen. Gothard

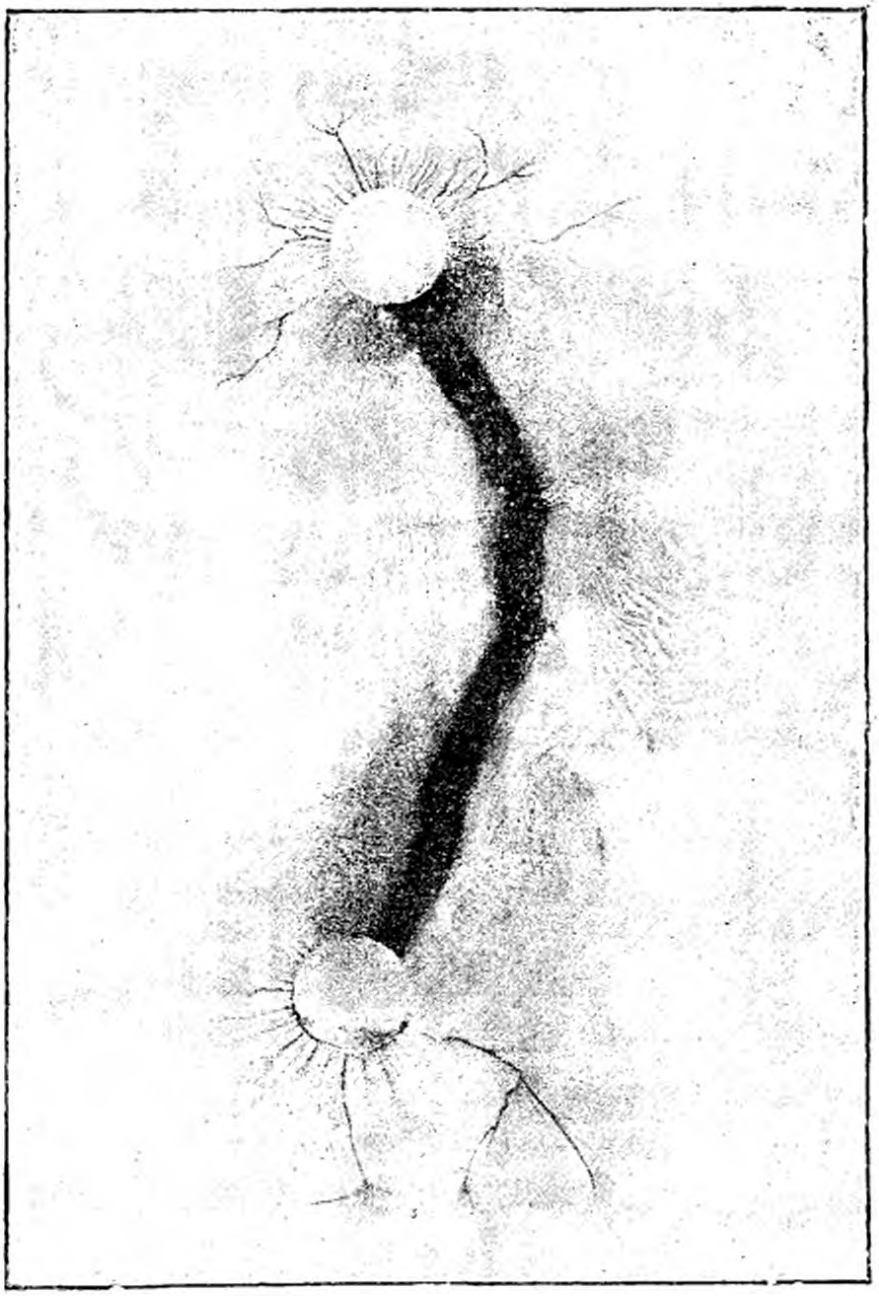


Fig. 6.

benutzte die folgende Anordnung: Die Influenz-Maschine (selbsterregende Doppel-Influenz-Maschine nach Wimhurst mit 15 cm Funken) wurde hinter einer grossen Tafel aufgestellt. In die Tafel wurden zwei Löcher gebohrt und in denselben Glasröhren befestigt, durch welche die Leitungsdrähte gezogen wurden. Der eine Draht wurde mit einer isolirten

Kugel, der zweite mit einem Conductor der Maschine in Verbindung gebracht, mit dem anderen, freien Conductor wurden Funken in die Kugel geleitet. Die empfindliche Platte wurde auf der Glasseite mit Stanniol belegt und diese Belegung mit dem Drahte, welcher von dem

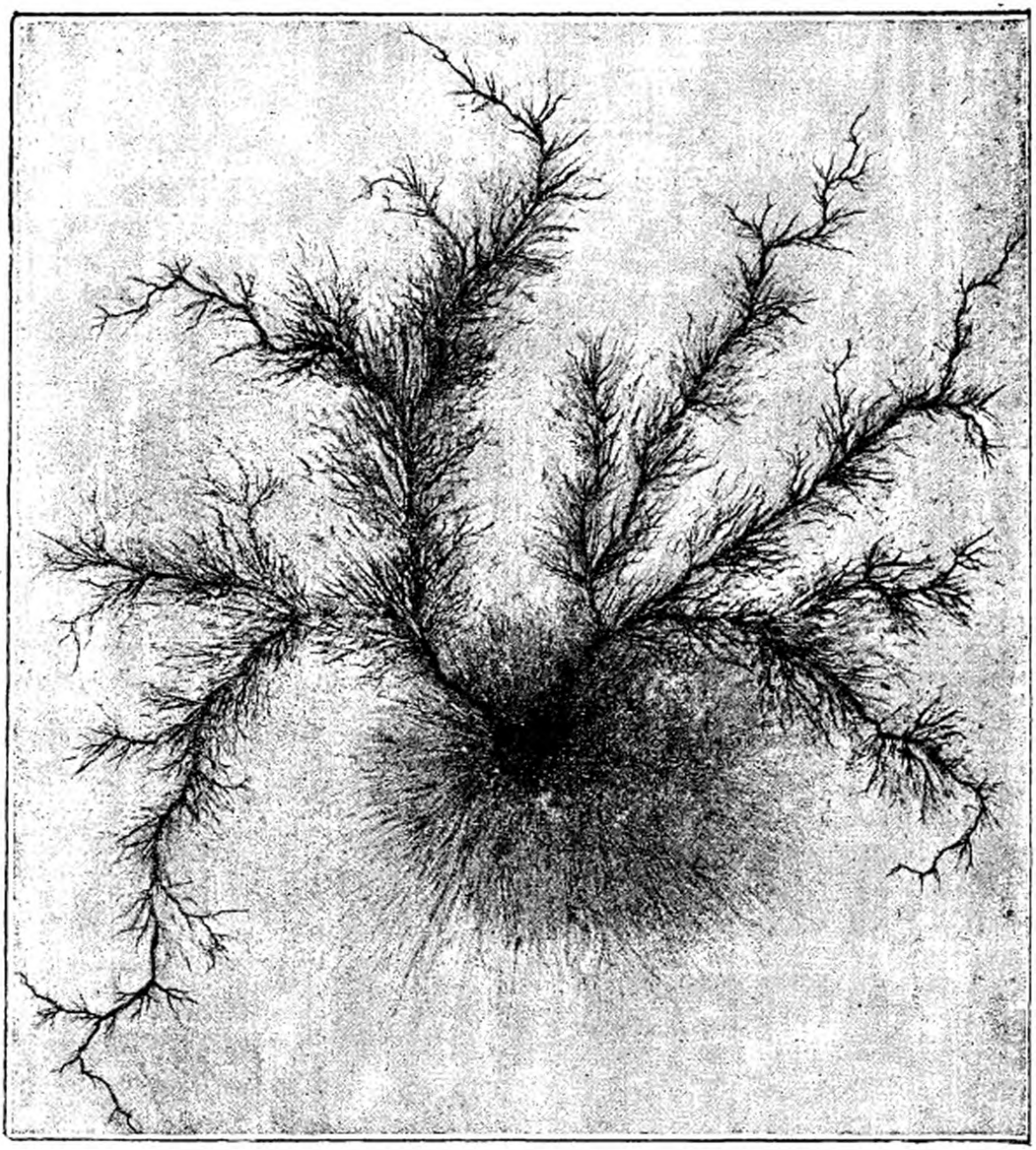


Fig. 7.

Conductor kam, verbunden, der mit der Kugel communicirende Draht wurde auf die Mitte der Platte aufgesetzt und dann ein starker Funke in die Kugel eingeschlagen. Nach der Entwicklung kommt ein zartes verästeltes Bild zum Vorschein. Das Bild des positiven Funkens zeigt Fig. 7, das des negativen Funkens Fig. 8.

Sehr genaue Studien nebst Photographien über elektrische Entladungserscheinungen stellten Baron Hübl und v. Obermayer an (Sitzber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. 1889).

Ueber die Photographie der elektrischen Funken und insbesondere der Funken im Wasser stellte A. Righi Versuche an (Beibl. Annal. Phys. Chem. 1885. S. 802).

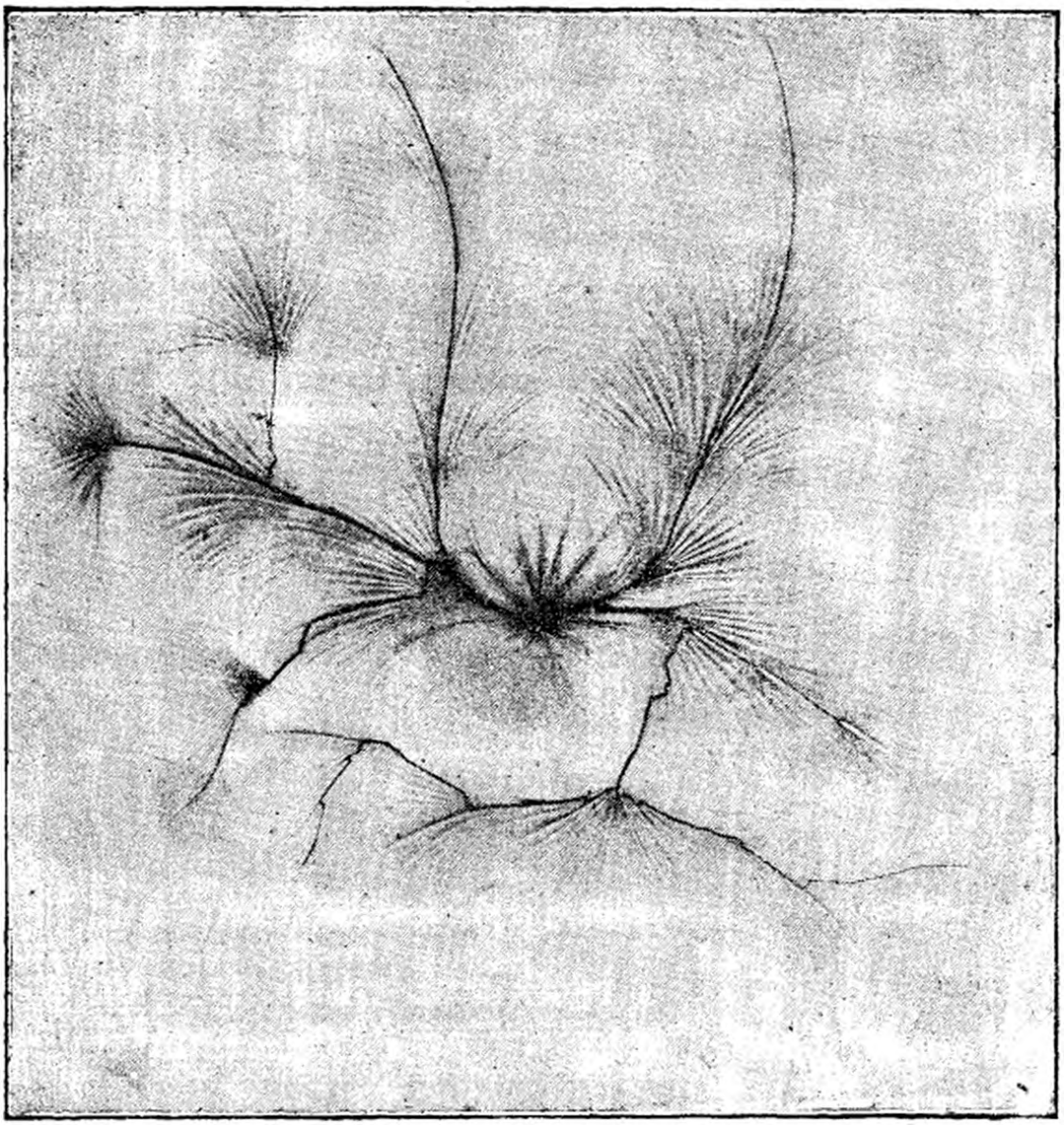


Fig. 8.

Ueber die Bilder, welche entstehen wenn man die Entladungen eines elektrischen Inductoriums bei empfindlichen photographischen Platten vorbeiführt, s. auch Trouvelot (Compt. rend. Bd. 108, S. 346. Beibl. Annal. Phys. Chem. 1888. S. 560), ferner Sieben (Beibl. Annal. Phys. Chem. 1888. S. 730).

Ueber den Einfluss des ultravioletten Lichtes auf elektrische Ladungen und Entladungen s. Horr (Beibl. Annal. Phys. Chem. 1888. S. 731), ferner Borgmann (ibid. S. 42).

E) Elektrographie.

Karsten zeigte die Möglichkeit des Entstehens von elektrischen Hauchbildern (1842), wenn man eine Münze auf eine Glasplatte legt, den elektrischen Funken durchschlagen lässt und anhaucht, wodurch ein vollständiges Bild der Münze entsteht.

Grove (1857) erzeugte eigenthümliche „Elektro-Photographien" auf folgendem Wege. Er legte zwischen zwei Glasplatten Buchstaben, aus weissem Papier geschnitten, bedeckte die Aussenseite der einen mit Stanniol und liess den elektrischen Funken durchschlagen. Die Innenseite trug jetzt ein Bild der Buchstaben, welches durch Hauch sichtbar wurde. Es liess sich auch zum Vorschein bringen, wenn die erwähnte Platte mit einer sensiblen nassen Collodionschicht überzogen wurde, und dieselbe nach einigen Secunden Belichtung mit Pyrogallus entwickelt wurde. Nedden fand Aehnliches.

Volpicelli (1857) legte auf eine jodirte Silberplatte eine elektrisch erregte Siegellackscheibe, worin die Zeichnung einer Medaille abgedrückt war, und liess nach 48stündiger Berührung Quecksilberdämpfe einwirken. Das Quecksilber lagerte sich an den, den vertieften Stellen der Zeichnung entsprechenden Theilen am stärksten ab und gab ein Bild der Medaille[229]).

Ueber photographische Reproduction der Lichtwirkung in der Elektricität ohne Dazwischentreten gewöhnlicher photographischer Apparate stellte Baudet Versuche an (Beibl. Annal. Phys. Chem. 1886. S. 427). Er legte zwei Goldstücke auf eine Bromsilbergelatineplatte, verbindet die eine Elektrode einer Leydener Flasche mit dem einen, nähert den Knopf derselben dem anderen und wiederholt das Verfahren; beim Hervorrufen erhält man auf der Platte negative Bilder. Legt man auf die Bromsilberplatte nur eine Münze, welche mit der einen Elektrode der Holz'schen Maschine verbunden ist und führt um dieselbe die andere herum, so entsteht ebenfalls ein Bild. — Wird mit Tinte auf ein Papier eine Figur gezeichnet, und dasselbe zwischen die photographische Platte und eine Metallscheibe gelegt, so erscheint ebenfalls ein Bild der Figur. Baudet hält diese Erscheinungen für die Reflexion des Lichtes des elektrischen Effluviums im Inneren der Condensatoren. Legt man unter die empfindliche Platte eine matte Glasplatte, so werden die Bilder schärfer. Jedoch gibt auch das reflectirte Licht einer Lampe solche Bilder. Wird auf die empfindliche Platte eine Photographie gelegt, welche auf der Hinterseite mit Stanniol be-

deckt ist und lässt man die elektrische Entladung über seine ganze Peripherie hinübergehen, so wird dieselbe ebenfalls reproducirt. — Tommasi zeigte (Beibl. Annal. Phys. Chem. 1886. S. 427), dass das dunkle (nicht leuchtende) elektrische Effluvium einer Holz'schen Elektrisirmaschine gleichfalls Bilder auf Bromsilbergelatine erhält, ähnlich wie von Lichtstrahlen.

F) Versuche, die Empfindlichkeit photographispher Platten durch Elektrisiren zu steigern.

Daguerre versuchte die Erzeugung der Lichtbilder durch Anwendung der Elektricität zu beschleunigen. Er elektrisirte die jodirte Metallplatte, wobei er sie isolirte und während der Operation in der Camera obscura auch isolirt erhielt; dadurch soll die Platte sehr empfindlich geworden sein. Dennoch scheint die Sache bei weiteren Versuchen sich nicht bewährt zu haben, da man nichts von einer wirklichen Verwendung mehr hörte[232]).

Auch Roggerson hatte 1857 versucht eine Platte der Berührung mit einer galvanischen Batterie auszusetzen, aber nichts besonderes beobachtet[233]).

Wird durch eine nasse Jodbrom-Collodionplatte während der Exposition ein schwacher elektrischer Strom geleitet, so wird nach Boll[234]) die Empfindlichkeit gesteigert. Ein stärkerer Strom führt die elektrolytische Zersetzung der Platte herbei. Die Einwirkung des elektrischen Stromes während der Entwicklung (saure Entwicklung mit Eisenvitriol) ist ohne jedes Resultat.

Die mit Anwendung von Elektricität gemachten Aufnahmen mit nassen Platten zeigen entschieden mehr Durcharbeitung als ohne dieselbe, jedoch ist die Wirkung keine sehr eclatante (Roloff und Beisgen[235]).

G) Einfluss des Magnetismus auf photographische Platten.

Ph. Braham brachte empfindliche Bromsilbergelatineplatten zwischen die Pole eines starken Elektromagneten mit ununterbrochenem Strome; es wird auf die Platte ein ähnlicher Eindruck wie von Licht hervorgebracht. Beim Entwickeln zeigte sich eine nebelhafte Schwärzung in den Theilen, welche direct zwischen den Polen waren, und ein intensiver Fleck in einiger Entfernung davon (Phot. News. 1889. S. 620).

Ferner s. Greene (Phot. News. 1889. S. 751) über denselben Gegenstand.

Ueber Wirkung des Lichtes auf die Magnetisirung s. Riess und Moser, Wiedemann's Annal. Bd. 3, S. 964. Bidwell, Beibl. Annal. Phys. Chem. 1888. S. 570. Kalischer, ibid. S. 966.

VIERTES CAPITEL.

DAS SONNENSPECTRUM UND DESSEN CHEMISCHE WIRKUNGEN.

Literatur:

Hunt, Researches on light. 1. Aufl. 1844; 2. Aufl. 1854. — Becquerel, La Lumière, ses causes et ses effets. 1868. — Vogel, Lehrbuch der Photographie. 3. Aufl. 1880. — Vogel, Praktische Spectralanalyse irdischer Stoffe. 1877. — Stein, Das Licht. 1877. — Eder, Chemische Wirkungen des farbigen Lichtes. 1879; dasselbe, französische Ausgabe: Des actions chimiques de la lumière colorée. 1881. — Abney, Photographic News. 1877. S. 381. — Konkoly, Anleitung zur Himmelsphotographie. 1887. (Halle a. S.) — Kayser, Spectralanalyse. 1883. — V. Schumann, Eder's Jahrbuch d. Photographie. — Eder, Sitzungsberichte d. kais. Akademie d. Wissenschaften. 1884. II. Abth. Bd. 90. — Eder, Druckschriften der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. 1890.

I. Allgemeines über das Licht und das Spectrum.

Die von einem Punkt eines leuchtenden Körpers ausgehende Lichtwirkung pflanzt sich in isotropen Medien in geraden Linien, den Lichtstrahlen, nach allen Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit (s. u.) fort. Nur unmittelbar am Rande undurchsichtiger Körper erleiden vorbeigehende Lichtstrahlen kleine Abweichungen von der ursprünglichen Richtung und geben hierdurch zu den Beugungs- oder Diffractionserscheinungen Anlass.

Da sich bei dem geradlinigen Fortschreiten der Strahlen die Lichtwirkung auf Kugelflächen von immer grösserem Halbmesser ausbreitet, deren Oberflächen sich wie die Quadrate ihrer Halbmesser verhalten, so wird eine gegebene Fläche durch senkrecht auffallende Strahlen in demselben Verhältniss weniger intensiv beleuchtet, in welchem das Quadrat ihrer Entfernung von der Lichtquelle zunimmt.

Kommt Licht bei seiner Ausbreitung an die Grenzfläche zweier verschiedener Medien, so kehrt an derselben ein Theil in das erste

Medium zurück, das Licht wird reflectirt (Reflexion), während der andere Theil in das zweite Medium eindringt und hierbei im Allgemeinen von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt, gebrochen wird (Brechung). Mit der Brechung geht Hand in Hand die Zerlegung des Lichtes in verschiedene, sogenannte homogene Sorten (Dispersion), die sich durch die Farbe von einander unterscheiden und durch weitere Brechung nicht mehr zerlegt werden.

In vielen, meist krystallinischen Substanzen (z. B. Kalkspath) entsprechen jedem auffallenden Strahl homogenen Lichtes zwei gebrochene Strahlen, die sich im Allgemeinen nach verschiedenen Richtungen fortpflanzen, eine Erscheinung, die als Doppelbrechung bezeichnet wird.

Während seiner Fortpflanzung durch ein Medium kann das Licht entweder nahezu ungeschwächt bleiben, und dann heisst das Medium durchsichtig, oder es kann theilweise, ja auch vollständig verschwinden, wie dies in den durchscheinenden und undurchsichtigen Mitteln der Fall ist. Eine scharfe Grenze lässt sich zwischen diesen drei Kategorien von Medien nicht ziehen, indem einerseits als durchsichtig bezeichnete Körper in Schichten von grosser Dicke undurchsichtig, andererseits undurchsichtige in Schichten von geringer Dicke durchscheinend werden.

Stellt sich ein undurchsichtiger Körper den Lichtstrahlen entgegen, so verursacht er die Entstehung eines Schattens, nämlich eines Raumes, in welchen das Licht bei der Anwesenheit des Körpers nicht gelangen kann.

Die Erscheinung, dass das Licht bei seiner Fortpflanzung durch ein Medium an Intensität abnimmt, bezeichnet man als Absorption des Lichtes. Da hierbei die in dem Lichte vorhandene Energie nicht vernichtet, sondern nur in Energie anderer Art umgewandelt werden kann, so treten bei der Absorption Wärmeerscheinungen, zuweilen neben diesen auch chemische Wirkungen oder Lichterscheinungen anderer Art als die ursprünglichen auf.

Die Lichterscheinungen haben eine vollständige Erklärung durch die von Young und Fresnel im Anfang unseres Jahrhunderts aufgestellte Undulationstheorie gefunden, in welcher das Licht als schwingende Bewegung der Theilchen eines hypothetischen, alle Räume erfüllenden, ungemein subtilen Mediums, des Aethers, angesehen wird. Längs eines Lichtstrahles gerathen nach dieser Theorie die Aethertheilchen in eine ähnliche Bewegung, wie sie den Theilchen eines frei herabhängenden Fadens durch regelmässige Erschütterungen an dem oberen Ende ertheilt wird. Dabei beschreiben die einzelnen Theilchen um ihre ursprüngliche Ruhelage Bahnen, deren jede in eine zur Fort-

pflanzungsrichtung senkrechte Ebene fällt. In Folge dieser Bewegung kommen die ursprünglich in einer geraden Linie (s. Fig. 9, AB) angeordneten Theile in eine Wellenlinie (mm', nn', pp' ..) zu liegen, und diese Wellenbewegung ist es, welche sich im Lichtstrahl fortpflanzt, ohne dass die einzelnen Theilchen des Aethers sich weit von ihrer Ruhelage entfernen.

Einen Lichtstrahl, in welchem die Aethertheilchen in geraden und in einer und derselben Ebene liegenden Linien ihre Schwingungen vollführen, nennt man geradlinig polarisirt, und in analoger Weise spricht man von elliptisch- oder circular-polarisirten Strahlen, wenn die Aethertheilchen elliptische oder kreisförmige Bahnen beschreiben (Polarisation). Im natürlichen, unpolarisirten Licht kommen alle Arten polarisirter Strahlen in gleichmässiger Mischung vor.

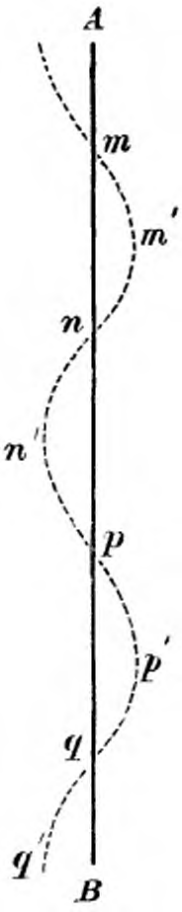


Fig. 9.

In einem Strahl homogenen Lichtes kehren die Theilchen nach Ablauf einer bestimmten Zeit, der Schwingungsdauer, immer wieder mit gleicher Geschwindigkeit an denselben Ort zurück. Diese Zeit ist für die verschiedenen Arten homogenen Lichtes verschieden, so dass die Strahlen, welche sich subjectiv durch die Farbe unterscheiden, objectiv durch die Schwingungsdauer ihrer Theile verschieden sind. Im zusammengesetzten Licht, wie es von den meisten glühenden Körpern ausgesendet wird, kommen Strahlen von sehr verschiedener Schwingungsdauer vor, die sich nur im leeren Raum mit gleicher Geschwindigkeit, in Körpern hingegen etwas langsamer und je nach der Schwingungsdauer mit verschiedener Geschwindigkeit fortpflanzen. Die Strecke, um welche sich homogenes Licht während der Schwingungsdauer fortpflanzt, heisst die Wellenlänge desselben. Bei einem geradlinig polarisirten Lichtstrahl ist sie durch zwei solche Theilchen (wie m und p) begrenzt, die ihre Schwingungen in vollständig gleicher Weise vollführen, also gleichzeitig und nach derselben Richtung hin die Ruhelage passiren und gleichzeitig ihren grössten Ausschlag erreichen. Je grösser die Intensität des Lichtes ist, um so weiter entfernen sich die schwingenden Theile von ihrer Ruhelage, weshalb man die Lichtintensität dem Quadrat der Amplitude, d. i. des grössten Ausschlages der Theilchen, proportional setzt.

Lichtstrahlen, die sich längs derselben Geraden fortpflanzen, geben zu den Interferenzerscheinungen Anlass. Sie verstärken oder schwächen sich gegenseitig in ihrer Intensität, je nachdem gleichzeitig die Bewegung der Aethertheilchen in beiden Strahlen nach der gleichen

oder entgegengesetzten Richtung stattfinden soll, ja es kann sogar ein vollständiges Aufhören der Aetherbewegung, also Dunkelheit eintreten, wenn die Aethertheilchen in beiden Strahlen zu gleich intensiven, aber entgegengesetzt gerichteten Bewegungen angeregt werden. Kommen zwei Strahlen von ursprünglich gleichem Schwingungszustand wieder zusammen, nachdem sie vorher verschiedene Wege zurückgelegt, so werden sie sich nach dem Gesagten verstärken oder vernichten, je nachdem ihre Wege sich um ein gerades oder ungerades Vielfaches halber Wellenlängen unterscheiden. Experimente solcher Art boten die Mittel dar, die Wellenlängen und bei der bekannten Fortpflanzungsgeschwindigkeit auch die Schwingungsdauer der homogenen Lichtsorten zu bestimmen.

A) Geschwindigkeit des Lichtes.

Nach directen Messungen ohne Zuhilfenahme astronomischer Erscheinungen ist die Geschwindigkeit des Lichtes bestimmt:

von Fizeau (1849) . . . . . mit : 315 000 km in der Secunde,
von Foucault (1862) . . . . . mit : 298 000 „ „ „ „
von Cornu (1874) . . . . . mit : 300 400 „ „ „ „
von Michelson (1879) . . . . . mit : 299 820 „ „ „ „

Für gewöhnlich werden 299 000 km angenommen.

Wellenlänge des Lichtes,
ausgedrückt in $\mu\mu$ (= Milliontel Millimeter) für die wichtigsten Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspectrum.

Farbe	Wellenlänge	Entsprechendes Element	Schwingungs-Zahl in Billionen
Infra-Roth	Grenze bei etwa 2700,00	—	111
	Y 899,04	—	334
	Y 898,65	—	334
	X_{VI} 880,61	—	341
	X_{III} 866,14	—	346
	X_{II} 854,18	—	351
	X_{I} 849,70	—	353
	Z 822,64	—	365
Roth	A 759,397	—	395
	B 686,738	O?	437
Grenze des Orange	C 656,296	H	457
Gelb	D_1 589,608	Na	509
	D_2 589,013	Na	509
Grün	E 527,043	Fe	569
	E 526,965	Fe	569
	b_1 518,373	Mg	579
Cyanblau	F 486,143	H	617
Indigo	G 430,796	Fe	696

Farbe		Wellenlänge	Entsprechendes Element	Schwingungs-Zahl in Billionen
Violett	h	410,184	H	731
	H	396,861	Ca	760
Ultra-Violett	K	393,386	Ca	763
	L	382,056	Fe	785
	M	372,778	Fe	805
		372,713	Fe	
	N	358,132	Fe	838
	O	344,107	Fe	872
		344,069	Fe	
	P	336,130	Ca	893
	Q	328,687	Fe	913
	R	518,030	Fe	943
	S	310,077	Fe	968
		310,038	Fe	
		310,004	Fe	
	T	302,115	Fe	993
		302,070	Fe	
	U	294,800	Fe	1018
		294,777	Fe	

B) Helligkeit der einzelnen Bezirke des Sonnenspectrums.

(Nach Vierordt.)

Wird die Gesammtlichtstärke des Sonnenspectrums = 100000 gesetzt, so kommen auf die einzelnen Hauptbezirke nach Massgabe ihrer mittleren Lichtstärke und ihrer Breite folgende Antheile:

Spectralbezirk	Lichtstärke	Spectralbezirk	Lichtstärke
A—a	72	D—E	478544
a—B	1592	E—F	186143
B—C	4114	F—G	39190
C—D	288957	G—H	4383

C) Vertheilung der Farben im Sonnenspectrum.

(Nach J. B. Listing.)

		Wellenlänge d. Lichtes in Millionstel eines mm
	Grenze	819,8
Braun	Mitte	768,6
	Grenze	723,4
Roth	Mitte	683,2
	Grenze	647,2
Orange	Mitte	614,9
	Grenze	585,6
Gelb	Mitte	559,0
	Grenze	534,7
Grün	Mitte	512,4
	Grenze	491,9
Cyanblau	Mitte	473,0
	Grenze	455,5
Indigo	Mitte	439,2
	Grenze	424,0
Violett	Mitte	409,9
	Grenze	396,7
Lavendel	Mitte	384,3
	Grenze	372,6

II. Das prismatische Spectrum.

Die beste Methode, die verschiedenen Farben, aus denen das weisse Licht zusammengesetzt ist, zu isoliren, besteht darin, einen Sonnenstrahl s auf eine der Seiten eines dreieckigen Prismas A von Glas fallen zu lassen (Fig. 10).

In Folge der Brechung wird der ursprüngliche Strahl zerlegt, d. h. von seiner ursprünglichen Richtung ss' abgelenkt und obendrein in eine Reihe von Farben getheilt, welche hinter dem Prisma ein farbiges Bild, $u'v'$, geben, welches man das Sonnenspectrum nennt — und zwar weil es durch Brechung (Refraction) mittels des Prismas erhalten wurde. prismatisches oder Refractions-Spectrum.

Dieses Spectrum besteht, wenn man von oben anfängt, aus folgenden Farben: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett. Das Roth, welches weniger abgelenkt wird als das Violett, wird weniger brechbar genannt: die blauen und violetten Strahlen bezeichnet man als die stärker brechbaren.

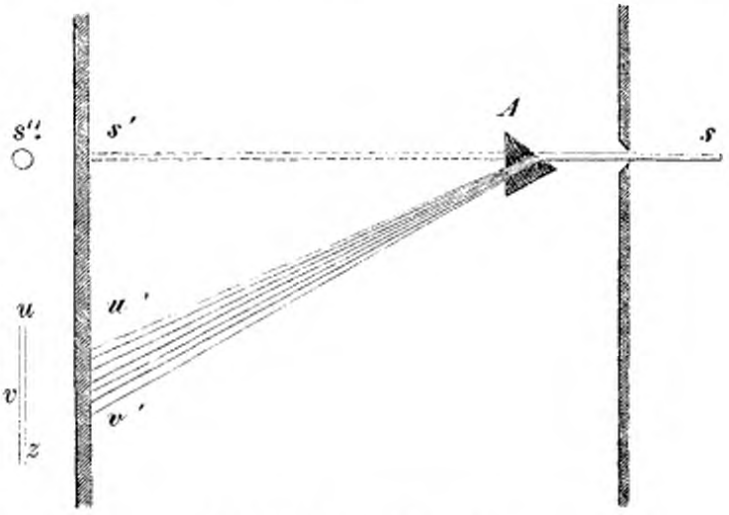


Fig. 10. Sonnenspectrum.

Im Gelb oder Orange erscheint das Spectrum dem Auge am hellsten, ungefähr doppelt so hell als im Grün und 30mal heller als im Blau oder Roth und fast 200mal heller als das Violett (s. obige Tabelle auf S. 202).

Es ist bemerkenswerth, das die meisten lichtempfindlichen Substanzen, wenn sie der Einwirkung des Sonnenspectrums ausgesetzt werden, sich nicht unter dem Einfluss des ganzen Spectrums färben oder in sonst einer Weise verändern, sondern dass sie meistens im Roth, Orange, Gelb und Grün unverändert bleiben, während das Blau und Violett rasch einwirken. Ja selbst durch die für das menschliche Auge unsichtbaren ultravioletten Strahlen werden sehr viele Substanzen viel energischer zersetzt, als durch das grellste rothe oder gelbe Licht.

Deshalb nannte man auch früher sehr häufig die Strahlen des violetten Endes des Spectrums (die stärker brechbaren Strahlen) schlechtweg „chemisch wirksame Strahlen“ oder „actinische Strahlen“, während durch mannigfaltige Untersuchung in neuerer Zeit gezeigt

wurde, dass auch das rothe und gelbe Licht eine starke photochemische Wirkung zu äussern vermögen, so dass diese Bezeichnung eine irrthümliche genannt werden muss. Da indessen auf alle in der Photographie gebrauchten Präparate das violette, blaue und selbst grüne Licht so gut wie ausschliesslich wirkt, so pflegt man der Bequemlichkeit und Kürze halber noch heute den Ausdruck „actinischen Strahlen" für die genannten Strahlen des Spectrums zu gebrauchen (vergl. S. 150).

Für die Silber-, Chrom-, Eisen-, Uransalze, deren man sich in der Photographie vorzugsweise bedient, sind die blauen, violetten und ultravioletten Strahlen thatsächlich die „chemisch wirksamen".

Wenn das Sonnenspectrum mit sehr grosser Aufmerksamkeit untersucht wird, wenn die Apparate, womit man es hervorruft, sehr vollkommen sind, und endlich der Versuch gut angestellt wird, durchläuft eine Menge von schwarzen Linien dies Spectrum, perpendiculär zu der Länge desselben: dies sind die dunkeln Linien des Spectrums, die sogenannten Fraunhofer'schen Linien.

Diese dunkeln Linien haben immer dieselbe relative Stellung, wenn die Sonne als Lichtquelle dient und das Prisma aus dem nämlichen Glase besteht. Deshalb haben die Physiker in Anbetracht der Schwierigkeit, die verschiedenen Theile des Spectrums durch Angabe ihrer Farben zu bezeichnen, weil diese die Eigenthümlichkeit zeigen, ohne bestimmte Grenzen in einander überzugehen, sich dahin geeinigt, diese Theile nach den Fraunhofer'schen dunkeln Linien zu bezeichnen (raies principales). Diese übrigens sehr charakteristischen dunkeln Linien hat man mit Buchstaben versehen, wie nachstehende Fig. 11 veranschaulicht.

Man benennt die verschiedenen Farben-Regionen des Sonnenspectrums in neuerer Zeit in gewissen Grenzen mit einem bestimmten Namen, indem man sich zur Orientirung meistens der Fraunhofer'schen Linien des Spectrums bedient. Um das Verständniss für die Bezeichnung der einzelnen Theile des Spectrums im Zusammenhang mit den Fraunhofer'schen zu erleichtern, sei folgende Zusammenstellung gegeben.

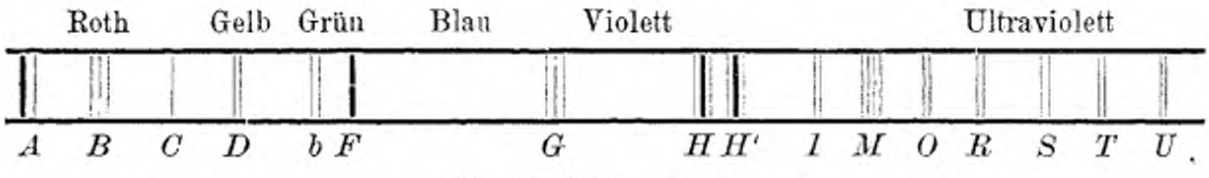


Fig. 11. Sonnenspectrum.

Die Farbenfolge beginnt in demselben mit Roth und schliesst mit Violett, ohne dass jedoch das Spectrum an den sichtbaren Grenzen

wirklich aufhörte. Es zeigen sich nämlich einerseits vor dem rothen Ende, ausserhalb des sichtbaren Spectrums, im infrarothen Theil desselben, sehr intensive Wärmewirkungen, anderseits im ultravioletten Theil, über das unter gewöhnlichen Umständen sichtbare violette Ende hinaus, intensive chemische Wirkungen, in beiden Fällen mit vielen, auch wieder feinen Linien entsprechenden Unterbrechungen. Die ultravioletten Strahlen sind strenge genommen nicht unsichtbar, wenn sie auch das Auge nur schwach afficiren und erst gesehen werden können, sobald man die übrigen Strahlen des Spectrums durch passende Mittel entfernt. Es scheint sich auch das Sonnenspectrum im ultravioletten Theil noch weiter zu erstrecken, als es auf diese Weise sichtbar gemacht werden kann, und die neuesten Messungen Langley's lassen es zweifelhaft erscheinen, ob eine Grenze des Spectrums für die infrarothen Strahlen grösserer Wellenlänge existirt. Die Unsichtbarkeit mancher Strahlen für das Auge kann entweder von der Absorption derselben in den Augenmedien oder von der Unempfindlichkeit der Netzhaut gegen sie herrühren. Nach den Untersuchungen Brücke's und anderer scheint insbesondere der erste Umstand die Unsichtbarkeit der infrarothen Strahlen, der zweite die schwache Einwirkung der ultravioletten zu erklären.

III. Das Diffractionsspectrum.

Die sogen. Beugungsspectra (Gitterspectra, Diffractionsspectra) erlangten in neuerer Zeit grosse Wichtigkeit. Sie entstehen, indem das Licht durch ein Gitter fällt, welches aus zahlreichen auf Glas oder Silber geritzten Linien besteht und auch auf mikrophotographischem Wege hergestellt werden kann. Das Beugungsspectrum hat vor dem Brechungsspectrum (mittels des Prismas) den Vorzug, dass die Ablenkung der Strahlen der Wellenlänge proportional ist; das ist ein wesentlicher Unterschied von dem Brechungsspectrum, in dem die stärker brechbaren Strahlen eine verhältnissmässig viel stärkere Ablenkung erfahren, als die schwächer brechbaren, so dass das blaue Ende des Spectrums gegenüber dem rothen ungewöhnlich in die Breite gezogen erscheint [1]). Wenn auf ein Gitter paralleles weisses Licht aus einer Spalte fällt, welches mit Hilfe einer achromatischen Linse wieder vereinigt ist, so sieht man senkrecht im Gitter ein unabgelenktes weisses Bild der Spalte;

1) Draper (Phot. Corresp. 1874. S. 68) fand die Photographie des prismatischen Spectrums von H bis zum Ultraviolett dreimal so gross, wie von H zu G; in dem Gitterspectrum war das Bild jenseits von H nicht mehr als $1^1/_2$ mal so gross, wie bis G. Dies zeigt sehr deutlich den Unterschied der Vertheilung in dem Beugungs- und Brechungsspectrum.

rechts und links liegen eine Reihe von Spectren, deren Helligkeit mit ihrer zunehmenden Länge abnimmt und zwar um so mehr, je grösser die Ablenkung ist. Diese Spectra werden als erster, zweiter, dritter u. s. w. Ordnung bezeichnet. Die Spectra höherer Ordnung lagern sich übereinander. Um eine Vorstellung von der gewaltigen auflösenden Kraft des Rowland'schen Gitters zu geben, sei erwähnt, dass die Dispersion eines Gitters im Blau bei einem Spectrum dritter Ordnung = 10 Glasprismen von 60 Grad und im Roth sogar = 40 Glasprismen ist. Allerdings ist die Lichtstärke nicht bedeutend und das erste Spectrum enthält nur ungefähr $^1/_{10}$ des auffallenden Lichtes, das zweite nur $^1/_{40}$ u. s. w. Das Beugungsspectrum hat den Vorzug, frei von Absorptionseinflüssen zu sein. Durchsichtige Medien absorbiren verschiedene Theile des Spectrums in ungleichem Grade, z. B.: Crownglas das Ultraviolett, Wasser einen Theil des Ultraroth; dadurch sind die Helligkeits-, Wärme- und chemischen Wirkungen des Brechungsspectrums wesentlich beeinflusst. Das Beugungsspectrum dient deshalb als Muster und wird auch das typische genannt. Es hat aber eine geringe Helligkeit. Gitter sind deshalb in der Regel nur zur Untersuchung starker Lichtquellen angewendet worden [1]).

Es war Fraunhofer, der zuerst zu Anfang dieses Jahrhunderts darauf aufmerksam machte, dass Licht, wenn es durch eine Anzahl sehr enger dicht neben einander befindlicher Spalte gegangen, ebenso zu einem Spectrum ausgebreitet wird, wie wenn es durch Prismen gegangen. Eine Reihe solcher Spalten nennt man nun ein optisches, oder ein Diffractionsgitter. Fraunhofer stellte sich die ersten Gitter her, indem er feine Drähte parallel neben einander ausspannte, die Zwischenräume bildeten die Spalte. Später benutzte er berusste Glasplatten und zog mit der Theilmaschine Linien in den Russ, wodurch dieser weggewischt und so spaltförmige durchsichtige Oeffnungen geschaffen wurden.

Nun zeigt die Theorie, dass die Spectren desto länger und desto besser werden, je enger die Spalten neben einander liegen, d. h. je mehr Linien pro Millimeter gezogen sind, und je genauer gleich die Abstände zwischen je zwei Spalten sind; beides erfordert ausserordentlich vorzügliche Theilmaschinen. Eine solche stellte sich zunächst der Mechaniker Nobert in Barth in Pommern her; er überzog Glasplatten mit Silber und zog in dieses die Ritzen hinein. Es gelang ihm so bis zu 300 Linien pro Millimeter zu ziehen, und die Nobert'schen Gitter waren in der ganzen Welt berühmt. Weiter ergab dann Theorie und Versuch, dass dieselbe Wirkung, ein Spectrum hervorzubringen, auch durch eine unbelegte Glasplatte hervorgebracht werde, in welche mit feinster Diamantspitze parallele Linien eingeritzt sind; auch in dieser Weise stellte Nobert Gitter her.

---

1) Näheres über diesen Gegenstand s. H. W. Vogel, praktische Spectralanalyse irdischer Stoffe. 1877. — Konkoly, Anleitung zur Himmelsphotographie und Spectralphotographie. 1887. — Konkoly, Handbuch f. Spectroscopiker. 1890. — Kayser, Spectralanalyse. 1883.

Ein weiterer Fortschritt liess sich jetzt nur durch noch vollkommenere Theilmaschinen erreichen. Bei denselben wird das Schneidewerkzeug, in unserem Fall der Diamant, durch eine feinste Schraube fortbewegt, und es kommt alles darauf an, dass diese genau, d. h. jeder Schraubengang ebenso hoch wie die anderen ist, und zwar kommt es hier nicht auf Unterschiede von tausendstel, sondern von hunderttausendstel und millionstel Millimeter an. Rutherford liess eine solche noch bessere Theilmaschine bauen, mit der bis zu 700 Linien pro Millimeter gezogen werden können. Bei solchen Theilungen arbeitet man in unterirdischen Räumen, damit die Temperatur sich möglichst wenig ändert; denn mit einer Temperaturänderung geht eine Ausdehnung sowohl der Theilschraube, als der Glasplatte Hand in Hand, wodurch der Abstand der Striche sich ändert. Aus demselben Grunde darf die Maschine nicht durch Menschenhand gedreht werden — denn Personen erwärmen die Räume — sondern durch eine ausserhalb des Theilraumes stehende Maschine. — Das Vollkommenste hat vor einigen Jahren Prof. Rowland in Baltimore erreicht. Er hat nach neuer, höchst einfacher aber sinnreicher Methode eine Schraube hergestellt, mit welcher man bis zu 1700 Strichen pro Millimeter ziehen kann. Mit der Maschine sind seitdem schon eine grosse Anzahl von Gittern hergestellt und unter den Physikern verbreitet worden, die alles bisher Geleistete weit übertreffen. Die Schwierigkeit liegt jetzt nur in dem Auffinden geeigneter Diamantspitzen; von hunderten, die durchgeprobt werden, sind nur sehr wenige scharf und gleichzeitig fest genug, um die Herstellung eines oder mehrerer Gitter zu gestatten; denn bei den grösseren Gittern sind 150000 Linien und mehr zu ziehen, und wenn inzwischen der Diamant stumpfer wird, ist das Gitter unbrauchbar, da es unscharfe Spectren liefert. Diese neueren Gitter werden meist nicht auf Glas hergestellt, wo dann das zu zerlegende Licht durch sie hindurchgeht, sondern auf Spiegelmetall; dann wird das reflectirte Licht zu einem Spectrum ausgebreitet.

Rowland's Gitter sind zum Preise von 50 Mark an je nach Grösse und Güte zu haben, ein Preis, der im Vergleich zu früher und zur Leistung der Gitter nur sehr billig genannt werden kann.

Noch eine andere sehr wichtige Förderung der Spectralphotographie verdankt man Rowland. Während früher die Gittertheilung auf ebenen Platten hergestellt wurde — wobei dann hinter dem Gitter eine Linse aufzustellen war, die das Bild des Spectrums entwarf, und eine Linse vor dem Gitter, welche das auffallende Licht parallel macht — hat Rowland die Theilung auf metallischen Hohlspiegeln angebracht. Diese Concavgitter entwerfen selbst ein Bild, ähnlich wie jeder Hohlspiegel, so dass die Dazwischenkunft aller Linsen überflüssig wird, ein nicht zu unterschätzender Vortheil, da Glaslinsen viel Licht, vom äussersten Ultraviolett sogar alles, verschlucken. Mit einem solchen Concavgitter ist der herrliche Atlas des Sonnenspectrums von Rowland, sowie zahlreiche Aufnahmen von Metallspectren von V. Schumann, Kayser und Runge u. A. hergestellt.

Die ältere Ansicht, dass die Wärmestrahlen sich hauptsächlich in dem schwächer brechbaren und ultrarothen Theil des Spectrums concentriren, hat sich nach Draper's Untersuchungen des Beugungsspectrums als unrichtig erwiesen (Jahresber. f. Chemie. 1872. S. 129). Sie gilt nämlich bloss bei mit Prismen erzeugten Spectren und ist einer specifischen Wirkung des Prismas zuzuschreiben; im Diffractionsspectrum ist von einer Anhäufung der Wärmestrahlen in einer bestimmten Partie

des Spectrums nichts bemerkbar, sondern die Wärme der brechbareren Hälfte des Spectrums ist mit jener der weniger brechbaren Hälfte gleich, d. h. die wahre Wärmevertheilung ist über alle Spectralsectionen gleich.

IV. Methode der spectrographischen Untersuchungen.

Für den Photographen sowie für den Spectroskopiker ist insbesondere das Verhalten der Silbersalze gegen das farbige Licht von höchstem Belang, weil es für die Processe des Praktikers durchaus nicht gleichgültig ist, ob das lichtempfindliche Präparat eine mehr oder weniger ausgedehnte Farbenempfindlichkeit besitzt. Deshalb seien hier die Methoden kurz beschrieben, deren man sich bedient, wenn man photographisch-spectroskopische (kurzweg „spectrographische") Untersuchungen anstellt.

Um die Wirkung des Lichtes auf Silbersalze etc. zu studiren, sind farbige Gläser von geringem Nutzen, weil sie immer mehrere farbige Strahlen durchlassen. Man kann sich leicht davon überzeugen, wenn man einen langen und schmalen weissen Gegenstand durch ein Prisma und durch das zu prüfende Glas betrachtet.

Dagegen sind die Farben des Sonnenspectrums unzerlegbar und deshalb rein, um sie aber frei von weissem Lichte zu erhalten, muss man den Apparat mit ausserordentlicher Sorgfalt aufstellen. Es tritt dann Unschärfe ein und das Spectrum wird verschwommen; diese Erscheinung tritt auch bei sehr langer Exposition durch Wirkung des diffusen Lichtes im Apparate ein.

Fig. 12 zeigt die ältere Monckhoven'sche Einrichtung des Apparates, welcher jedoch nicht zu Untersuchungen mit Erfolg verwendet werden kann, sondern hier bloss als Schema gegeben ist. Im Fensterladen eines vollständig verdunkelten Zimmers bringt man vertical (wovon man sich mittels eines Bleilothes vergewissern kann) eine Kupferplatte an, welche eine gradlinige, sehr enge, doch nicht unter einem Millimeter breite Oeffnung und zwei oder drei Centimeter Höhe hat. Uebrigens müssen die beiden Blättchen, welche dazu gehören, beweglich sein, damit man durch Annäherung und Entfernung das Spectrum mehr oder weniger hell erhalten kann.

Die Sonnenstrahlen werden mit Hilfe eines Planspiegels horizontal durch diese rechtlinige Oeffnung geworfen.

In der Richtung des Lichtstrahls stellt man ein Prisma aus Flintglas, Quarz oder einem anderen durchsichtigen Stoffe, auf einem Stativ mit drei Füssen, vertical auf. Die verticale Aufstellung ist richtig, wenn die Höhe des Spectrums über dem Fussboden mit der Höhe der Spalte übereinstimmt.

Das Prisma muss so gefasst sein, dass es sich leicht um seine Achse drehen lässt. Wenn man es dreht, sieht man das Spectrum sich dem Lichtstrahle nähern; bald zeigt sich aber ein Punkt, an welchem es sich wieder davon entfernt, selbst wenn man das Prisma in umgekehrter Richtung bewegt. Es gibt also eine Stelle, die als Minimum der Abweichung bezeichnet wird, welche man genau treffen muss, weil sonst den Farben des Spectrums weisses Licht beigemischt sein würde.

Das so erhaltene Spectrum ist undeutlich, wenn man es aber in einem photographischen Apparate durch ein Doppelobjectiv auffängt, kann man die Spalte durch das Prisma einstellen und erhält dann die

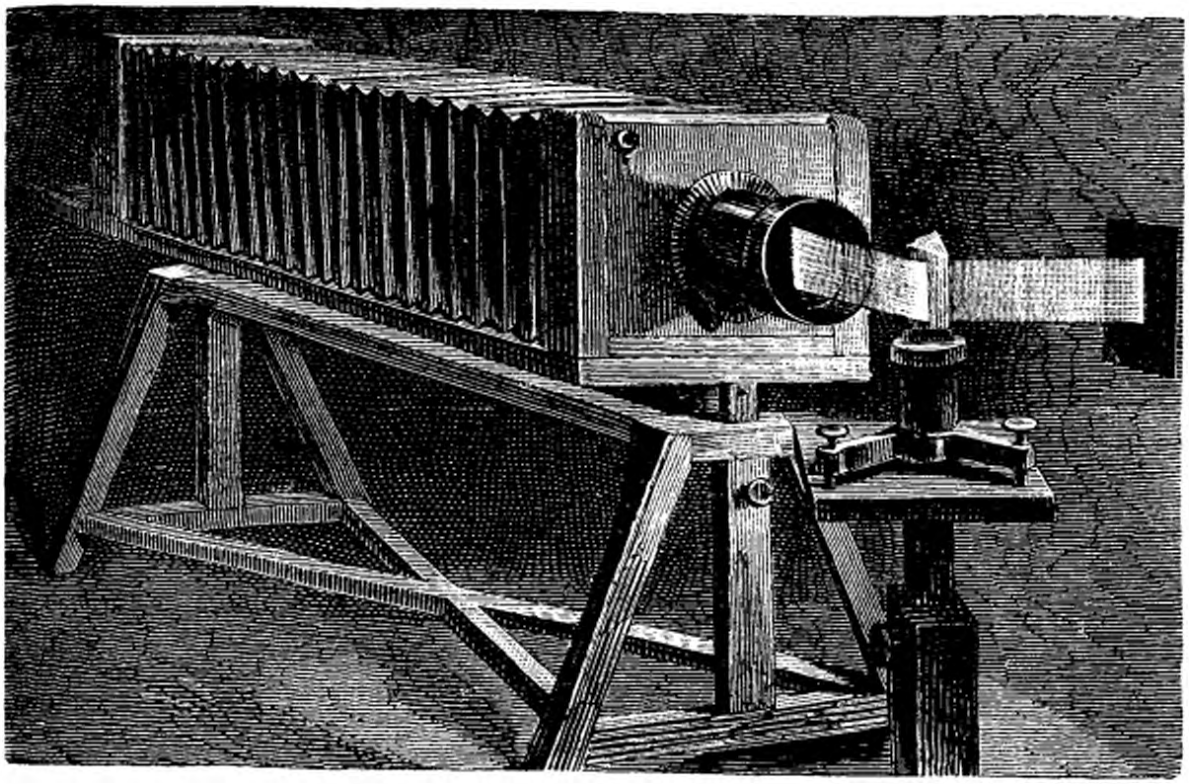


Fig. 12. Photographie des Spectrums.

Form eines Rechtecks. Die Mikrometerschraube macht es möglich, alle verschiedenen Farben, die ebenfalls abweichende Brennpunkte zeigen, nacheinander einzustellen und die dunkeln Fraunhofer'schen Linien zu beobachten.

Wenn der Versuch länger als eine Minute dauern soll, muss man statt des erwähnten Spiegels einen Heliostaten verwenden, der äquatorial gestellt ist. Da ausserdem das Flintglas einen grossen Theil der ultravioletten Strahlen absorbirt, ist es gerathen, sich des Quarzes zu bedienen.

Schon Crookes verwendete 1856 bei seinen photographischen Untersuchungen über das Sonnenspectrum eine Quarzlinse und zwei

Quarzprismen (Poggend. Ann. Bd. 97, S. 616). Auch Müller (Pogg. Ann. Bd. 97, S. 616) arbeitete mit Quarzprismen. Hughins beschäftigte sich seit 1876 mit der Photographie der Sternspectra und erzeugte selbe mittels eines Prismas aus isländischem Spath und zwei Quarzlinsen (Compt. rend. Bd. 91, S. 70. Naturforscher. 1880. Bd. 13, S. 89). Cornu nahm 1878 das ultraviolette Sonnenspectrum mit einem Quarzspectroskop unter Anwendung von Kalkspathprismen photographisch auf (Beibl. Annal. Phys. Chem. 1878. S. 339). — Vergl. auch S. 212.

Schöne (Wochenbl. VI, 123) experimentirte mit Geissler'schen Röhren, bei welchen Fenster von Bergkrystall eingesetzt waren, um kein Ultraviolett zu verlieren.

Die Wirkung des Sonnenspectrums auf Silbersalze studirten zuerst Scheele 1777, dann Senebier 1782 beim Chlorsilber, worauf 1801 die Entdeckung der chemisch wirkenden ultravioletten Strahlen durch Ritter und fast gleichzeitig durch Wollaston ebenfalls mittels Chlorsilber geschah [1]). Herschel [2]) untersuchte genauer das Verhalten verschiedener Silber- und Eisensalze, Blumenfarbstoffe etc. im Spectrum (1840), ohne dass er Fraunhofer'sche Linien erhalten hätte. Diese photographirte zuerst Becquerel [3]) im Jahre 1842 und 1843. Becquerel sowie Draper (1843 [4]) arbeiteten hauptsächlich mit Daguerreotypplatten, mittels welcher letzterer auch die infrarothen Strahlen entdeckte.

Crookes [5]) untersuchte zuerst 1853 und 1854 die Einwirkung des Sonnenspectrums auf Jodsilber und Bromsilber im nassen Collodionverfahren mit saurer Pyrogallol- und Eisenvitriol-Hervorrufung. Ihm folgten J. Müller (1856 [6]), Helmholtz (1857 [7]), sowie in neuerer Zeit Rutherford, Mascart, H. C. Vogel, Cornu u. A.

Während die Genannten in der Regel die möglichst vollständige Darstellung der Linien im Sonnenspectrum bezweckten, wendeten

---

1) Siehe Geschichte. Cap. I, S. 28, 37 und 55 oben.

2) Philosophical Transact. 1840 und 1841 und Lond. Edinb. and Dubl. Philos. Journ. 1843. Art. XIX, pag. 44.

3) Biblioth. univers. de Genève 1842. Bd. 40. Auch Becquerel, „La lumière". 1867. Bd. 1, pag. 138.

4) Philosoph. Magaz. (3). Bd. 22, pag. 360.

5) Journ. Ehotograph. Society. London 1853. Bd. 1, pag. 77 und 98; 1854. Bd. 2, pag. 293. Poggend. Annal. Bd. 97, S. 616.

6) Poggend. Annal. Bd. 97, S. 135.

7) Verhandlungen natur. Versamml. Rheinl. 1859. S. 17; nach Kreutzer's Jahresbericht. Photogr. 1857. S. 328.

Eder[1]), ebenso wie Schultz-Sellack[2]), H. W. Vogel[3]) und Abney[4]) ihr Augenmerk auf die Empfindlichkeit verschiedener Silberverbindungen beim nassen und trockenen Collodionprocess gegen das Spectrum und die beiden letzteren, sowie Schumann[5]) und Eder dehnten ihre Beobachtungen auch auf Bromsilbergelatine-Emulsionen aus.

Bei diesen Untersuchungen, welche die Empfindlichkeit verschiedener Silberverbindungen gegen Strahlen von verschiedener Wellenlänge und Bestimmung der Maximalwirkung zum Zwecke haben, ist die Beschaffenheit des Spectrographen von grosser Bedeutung. Je nach der Durchlässigkeit der Prismen und Linsen verschiebt sich das Maximum der Wirkung bedeutend, sowie die Ausdehnung gegen Ultraviolett.

Da Stokes schon um das Jahr 1852 gefunden hatte (mittels fluorescirender Substanzen), dass Quarz am meisten Ultraviolett durch-

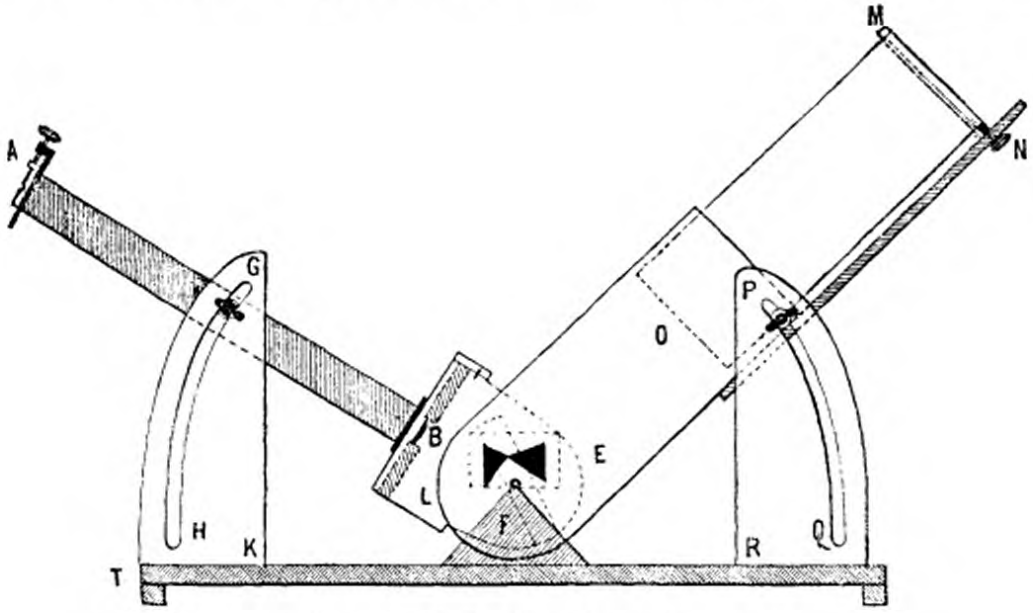


Fig. 13. Crookes' Spectrograph.

lässt, bediente sich Crookes bereits 1854 desselben zu seinen Arbeiten (a. a. O.). Er wendete zwei Bergkrystallprismen mit einem brechenden Winkel von 55 Grad an, welche in der Weise geschnitten waren, dass die Strahlen den Bergkrystall in der Stellung auf das Minimum der Ablenkung parallel zur optischen Achse durchdrangen, d. h. sie waren senkrecht zur Achse geschnitten. Fig. 13 zeigt die Skizze des Crookes-

1) Sitzber. d. Wiener kais. Akademie d. Wissenschaft. II. 1884. Bd. 90. Decemberheft u. ff. (S. auch Eder's Ausführl. Handb. d. Photogr. 3. Band. 4. Aufl.)

2) Berichte d. deutsch. chem. Gesellsch. Bd. 4, S. 210 u. ff.

3) Poggend. Annal. Bd. 153, S. 223 und die späteren Jahrgänge; ferner Berichte d. deutsch. chem. Gesellsch. 1874 u. ff. Bd.

4) Photographic News. 1882. pag. 181 u. ff. nach London Royal Society Proc.

5) Photograph. Wochenblatt. 1882. 1883 u. ff. Bd.

schen Apparates. *A* ist ein verstellbarer Spalt; *B* die Collimatorlinse, *L* und *E* die bei *F* verschiebbaren Prismen, *O* die photographische Camera. Bei *MN* befand sich die lichtempfindliche Platte. Bei *GKT*, sowie *PQR* sind die einzelnen Theile verschiebbar.

Als sehr durchlässig für Ultraviolett gilt auch Kalkspath (isländischer Spath, s. S. 210), dessen sich Mascart bediente, als er mittels eines Norbert'schen Beugungsgitters unter Anwendung von Kalkspathprismen das Sonnenspectrum bis zu *T* photographirte [1]). Hughins photographirte mittels eines Kalkspathprismas und zweier Quarzlinsen die Spectra der Sterne [2]) und Liveing und Dewar mit einem ähnlichen Apparat die Spectren von Elementen. Cornu hatte Anfangs einen ähnlichen Apparat, entwarf aber seine Tafel über das ultraviolette Sonnenspectrum nach Aufnahmen mit Quarzprismen, welche aus zwei Hälften von rechts und

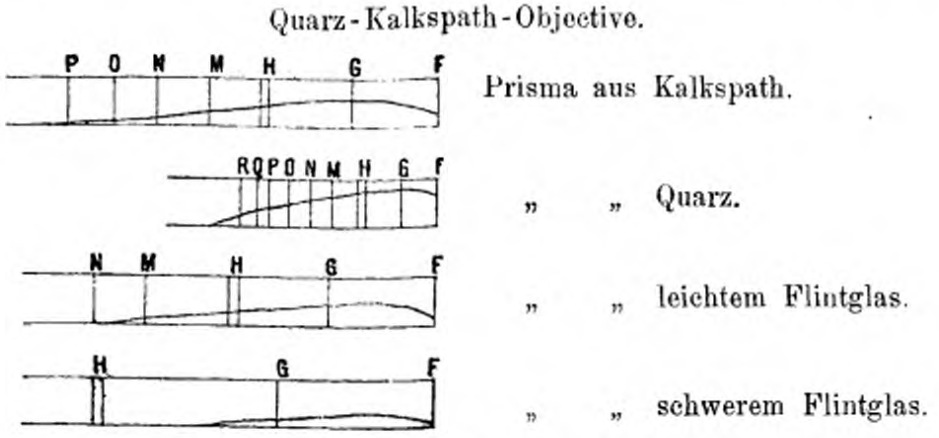


Fig. 14. Wirkung des mittels verschiedener Prismen erzeugten Sonnenspectrums auf Bromsilbergelatine.

links drehendem Quarz mit einem brechenden Winkel von je 40 Grad zusammengekittet waren [3]).

Ebenso bedienten sich Hartley und Adeney bei ihren Untersuchungen der Metallspectren, sowie V. Schumann und Eder (s. u.) der Quarzkörper zu ihren spectrographischen Untersuchungen.

Der Einfluss der Substanz des Prismas auf die Ausdehnung des Spectrums, sowie die Lage des Maximums der Wirkung auf Bromsilber-

---

1) Compt. rend. 1864. Bd. 58, S. 111. Annal. Scient. de l'école norm. 1864. Becquerel, „La lumière". 1868. Bd. I, S. 140. Schellen, „Spectralanalyse". 1883 Seite 426.

2) Compt. rend. Bd. 91, S. 70.

3) Cornu, „Sur le spectre normale du soleil, partie ultraviolette". 1182. (Gauthiers-Villars, Paris), worin die Apparate genau beschrieben sind. Ferner siehe Cornu's Abhandlungen: Annal. de l'école norm. 1874 (2). Bd. 3, S. 421. Arch. des sc. phys. et nat. (2). Bd. 53 (1876), S. 50. Compt. rend. 1878. S. 101. Beibl. zu d. Annal. Phys. Chem. 1878. 8, 339. Eder's Jahrbuch f. Photogr. für 1889. S. 267.

gelatineplatten geht aus Fig. 14 deutlich hervor. Dieselbe zeichnete ich nach den von Herrn Ingenieur Schumann in Leipzig mit grosser Sorgfalt hergestellten und noch nicht veröffentlichten vergleichenden Aufnahmen mittels eines Spectrographen mit Quarz-Kalkspathlinsen und verschiedenen Prismen von 60 Grad.

Die Länge der Spectren und der Abstand der Fraunhofer'schen Linien in Fig. 14 zeigt die Verschiedenheit der Dispersion von Prismen aus Quarz, Kalkspath, Schwerflint- und Leichtflintglas. Die Erhebung der Curve repräsentirt die Intensität des photographischen Bildes und die Lage der Maximalwirkung auf Bromsilbergelatine.

Mittels des Quarzprismas [1]) erhält man ein Sonnenspectrum bis über *R* im Ultraviolett (nach Cornu's Benennung); mit Kalkspath [2]) erstreckt sich bei gleicher Belichtung die Wirkung nicht so weit ins Ultraviolett, nämlich bis über *P*; mit Schwerflintglas reicht die Wirkung nicht einmal bis zur Grenze des sichtbaren Violett, nämlich bis zur Hälfte der Distanz von *H* bis *G*; mit Leichtflintglas dagegen bis gegen *N* im Ultraviolett. Das Maximum der Wirkung lag bei Quarz und Kalkspath weiter gegen *G*, bei Glas mehr gegen *F* zu.

Flussspath, welchen Cornu mit Quarz zu achromatisirten Linsen zur Photographie des ultravioletten Spectrums benutzte, fand Schumann gleichfalls sehr durchlässig für Ultraviolett, scheint jedoch von Quarz übertroffen zu werden.

---

1) Ein einfaches senkrecht zur Achse geschnittenes Quarzprisma gab bei Herrn Schumann's Untersuchungen die Linien des Spectrums doppelt, trotzdem die Strahlen den theoretisch richtigen Gang hatten, wie oben bei Crookes' Apparat erwähnt wurde. Das Uebel, welches eine Folge der Doppelbrechung ist, kann nicht nur nach Cornu's Methode durch Zusammenkitten eines rechts- und eines linksdrehenden Prismas beseitigt werden, sondern auch nach Schumann's Mittheilung durch zwei getrennte Quarzprismen von je 60 Grad, wovon das eine aus rechtsdrehendem und das andere aus linksdrehendem Quarz senkrecht zur Achse geschnitten ist. Die Dispersion ist dann ungefähr dieselbe, wie bei einem Kalkspathprisma, aber die Ausdehnung nach der brechbareren Seite grösser. Schumann fand keinen Unterschied zwischen biconvexen und planconvexen Linsen im Spectrographen, während Cornu planconvexe vorschreibt. Die Linsen aus Quarz verlangen eine ganz bedeutende Schiefstellung der Platte zur Rohrachse der Camera, nämlich 22 bis 24 Grad. Es gelang jedoch Schumann, dies durch Blenden von 2 bis 3 Decimeter zu beseitigen; in diesem Falle kann die Platte senkrecht zur Rohrachse stehen, aber der Lichtverlust ist bedeutend.

2) Das Spectrum mit einem Kalkspathprisma (senkrecht zur Achse geschnitten) zeigte bei Herrn Schumann's photographischen Aufnahmen die Fraunhofer'schen Linien völlig scharf; mit zwei oder mehreren konnte er trotz aller Sorgfalt keine klaren Spectra erhalten. Die schönen Liniengruppen im Ultraviolett sahen dann theilweise wie gewundene Säulenschäfte aus.

Herr Schumann theilt mir jedoch auf Grund seiner eingehenden Versuche mit, dass er einfache Quarzlinsen an Stelle von achromatischen Quarz-Kalkspathlinsen zur Photographie des Spectrums dort vorzieht, wo es sich um klare Definition von Linien handelt. Die Linsen sollen für solche Zwecke nicht verkittet sein, weil Canadabalsam Ultraviolett verschluckt (s. Seite 223, Anm.).

Wie schädlich auch ganz dünne Glasgefässe für das Studium des ultravioletten Spectrums sind, geht aus den Versuchen Herrn Schumann's hervor, bei welchem eine Deckglasplatte aus Glas von 0,125 mm Dicke schon ein Drittel der äusseren ultravioletten Strahlen des Magnesiumfunkens (über $\lambda = 277$) verschluckt; dieses Ergebniss ist für die Photographie der Glasspectra durch geeignete Geissler'sche Röhren von Belang.

A) Der vom Verfasser benutzte Glas-Spectrograph.

a) Mein von Dr. Steinheil in München ausgeführter grosser Glas-Spectrograph hatte die Bestimmung, direct gegen die Sonne gerichtet zu werden, um bei ziemlich bedeutender Dispersion im sichtbaren Theile die Farbenempfindlichkeit verschiedener photographischer Präparate zu untersuchen. Dieser Apparat hat sich zu diesen Zwecken sehr bewährt[1]) und ist gegenwärtig an der k. k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie und Reproductionsverfahren in Wien aufgestellt.

In Fig. 15 ist der grosse Spectrograph im Durchschnitt abgebildet. Das Licht, welches zunächst den bei O verstellbaren Spaltschlitten A im Brennpunkte des Objectives B passirt, fällt auf die drei Prismen C, D und E, welche alle aus einem leichten Flintglase bestehen und einen brechenden Winkel von 50 Grad besitzen. Das dadurch entstehende Spectrum wird von einem photographischen Objective F auf die Ebene G am Ende der Camera H geworfen, wo dasselbe photographirt werden kann.

Das Objectiv des Spaltschlitten-Fernrohres hat 34 mm Oeffnung und 325 mm Brennweite, während das photographische aplanatische Objectiv F 54 mm Oeffnung und 600 mm Brennweite besitzt. Die Linsen sind aus solchen Glassorten zusammengesetzt, die möglichst wenig blaue bis ultraviolette Strahlen absorbiren, weshalb eine grosse Helligkeit im blauen und violetten Theil erlangt wird.

---

1) Dieser nach des Verfassers Angaben speciell für seine Untersuchungen von Dr. Steinheil ausgeführte Spectrograph wurde auch in getreuer Copie für Herrn Dr. Mallmann in Wien angefertigt. Der in David und Scolik's „Orthoskiagraphische Photographie" (1890. S. 274) abgebildete Steinheil-Spectrograph ist das Bild dieses copirten Apparates.

Das Brechungsvermögen der Prismen ist für die Linien:

D . . . . . $n = 1{,}57852$

F . . . . . $n = 1{,}58829.$

Ihre Oeffnung beträgt 47 mm.

Mit dem Spectrum kann zugleich eine Scala J photographirt werden, welche durch das photographische Objectiv N vergrössert und an der letzten Prismenfläche reflectirt, ebenfalls auf die Ebene der lichtempfindlichen Platte geworfen wird. K ist ein sogenannter Guillotine-Momentverschluss, um beim Arbeiten mit directem Sonnenlicht rasch genug

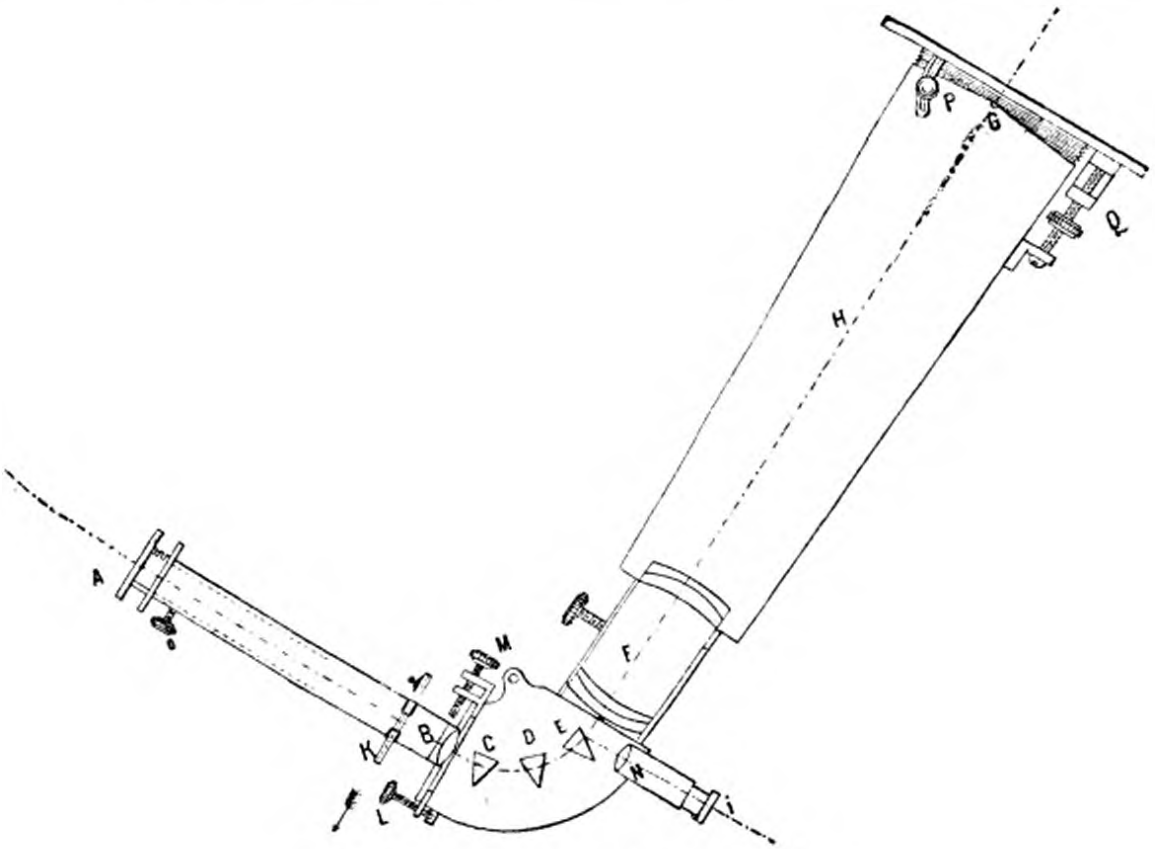


Fig. 15. Grosser Steinheil'scher Spectrograph.

exponiren zu können. Die beiden Schrauben L und M dienen zur Verstellung des Spaltschlitten-Fernrohres, um bei der Photographie specieller Theile im Spectrum dieselben in die Mitte der Platte und auf das Minimum der Prismenablenkung zu bringen. Bei P und Q kann die Ebene der lichtempfindlichen Platte geneigt werden. Zu bemerken ist noch, dass der Spaltschlitten meines Apparates eine genaue Einstellung der Spaltöffnung auf $^1/_{1000}$ mm gestattet; die Schneiden der Spalträuder sind von Platin und eine Mikrometerschraube vermittelt deren Bewegung [1]).

1) Der beschriebene Spaltschlitten ist in Deutschland patentirt (Deutsches Reichs-Patent Nr. 17092).

Eine Spaltöffnung von 0,02 mm gab sehr gute Schärfe der Fraunhofer'schen Linien; seltener arbeitete ich mit einer Spaltöffnung von 0,04 bis 0,1 mm, womit die Linien schon viel Schärfe verlieren.

Fig. 16 zeigt die Aussenansicht des Spectrographen. Bei *A* ist der Spalt, welcher der Linse *B* mittels des Triebes *O* genähert oder von ihr entfernt werden kann. Der Schieber *K* (Guillotine-Momentverschluss) hat im Innern eine runde Oeffnung und kann durch eine Spiralfeder rasch vorbeigezogen werden, so dass momentane Belichtung stattfindet; jedoch kann der Schieber mittels einer Sperrvorrichtung auch beliebig lange offen erhalten werden. *L* und *M* gestatten die Verschiebung des Spaltschlitten-Fernrohres und die Aenderung der Neigung desselben zu den Prismen. Innerhalb des Messingkörpers befinden sich drei Prismen. *N* enthält die Vergleichscala, *F* ist das photographische Objectiv, *H* die Holzcamera. Bei *R* wird die Cassette mit der empfindlichen Platte eingeführt; auf der in einer solchen Cassette befindlichen Platte von 12 und 16 cm Seitenlänge können durch Verschiebung drei Spectren hintereinander aufgenommen werden. *SS* sind Blenden (Schieber aus geschwärztem Messing), welche bestimmt sind, das blaue oder rothe Ende des Spectrums nach Bedarf abzuschneiden. Das ganze Instrument ist mittels der Gewichte *TT* ausbalancirt und kann mittels der Schrauben *U* und *V* ohne Erschütterung nach der Sonne gedreht werden. Die Anwendung eines Heliostaten, welcher immer Anderungen in der Qualität des Sonnenlichtes bewirkt [1]), ist dadurch umgangen.

Die Länge des Spectrums, welches dieser Apparat gibt, beträgt von der Fraunhofer'schen Linie *A* bis *N* 12 cm; über *N* hinaus konnte das Ultraviolett nicht mehr gut photographirt werden, weil die Absorption der Strahlen, deren Wellenlänge unter 350 Milliontel-Millimeter liegt, zu gross war. Die Linien des Spectrums sind sehr scharf und gut definirt. Die Dauer der Belichtung schwankt natürlich bedeutend mit der Empfindlichkeit der Präparate. Auf Bromsilbergelatineplatten wurde gegen das directe Sonnenlicht und eine Spaltöffnung von 0,04 mm „momentan" (d. i. circa $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ Secunde) bis 1 Secunde belichtet; mit Eosinfarben gefärbte Platten brauchten eine 2 bis 4mal, mit Cyanin eine etwas längere, mit Jodgrün, Methylviolett etc. gefärbte Platten sogar eine 10 bis 160mal längere Belichtung, sobald die Lichtwirkung im rothen (resp. gelben) Theile hervortreten sollte [2]).

---

1) Silberspiegel reflectiren nur die weniger brechbaren Strahlen, löschen aber die ultravioletten aus; Platin gibt dagegen in Schichten, welche noch vollkommen durchsichtig sind, einen ausgezeichneten Spiegel für Ultraviolett (De Chardonnet, Cornu).

2) Z. B. brauchen Eosinplatten 1 bis 5 Secunden Exposition, Jodgrünplatten 1 bis 3 Minuten.

Richtet man den Spectralapparat auf den blauen Himmel oder Wolken, so erhält man niemals so scharfe Linien als im Sonnenlicht; sehr gute optische Sensibilisatoren äussern zwar dann auch noch ganz deutlich ihre Wirkung (z. B. Eosin), schwache (z. B. die meisten grünen

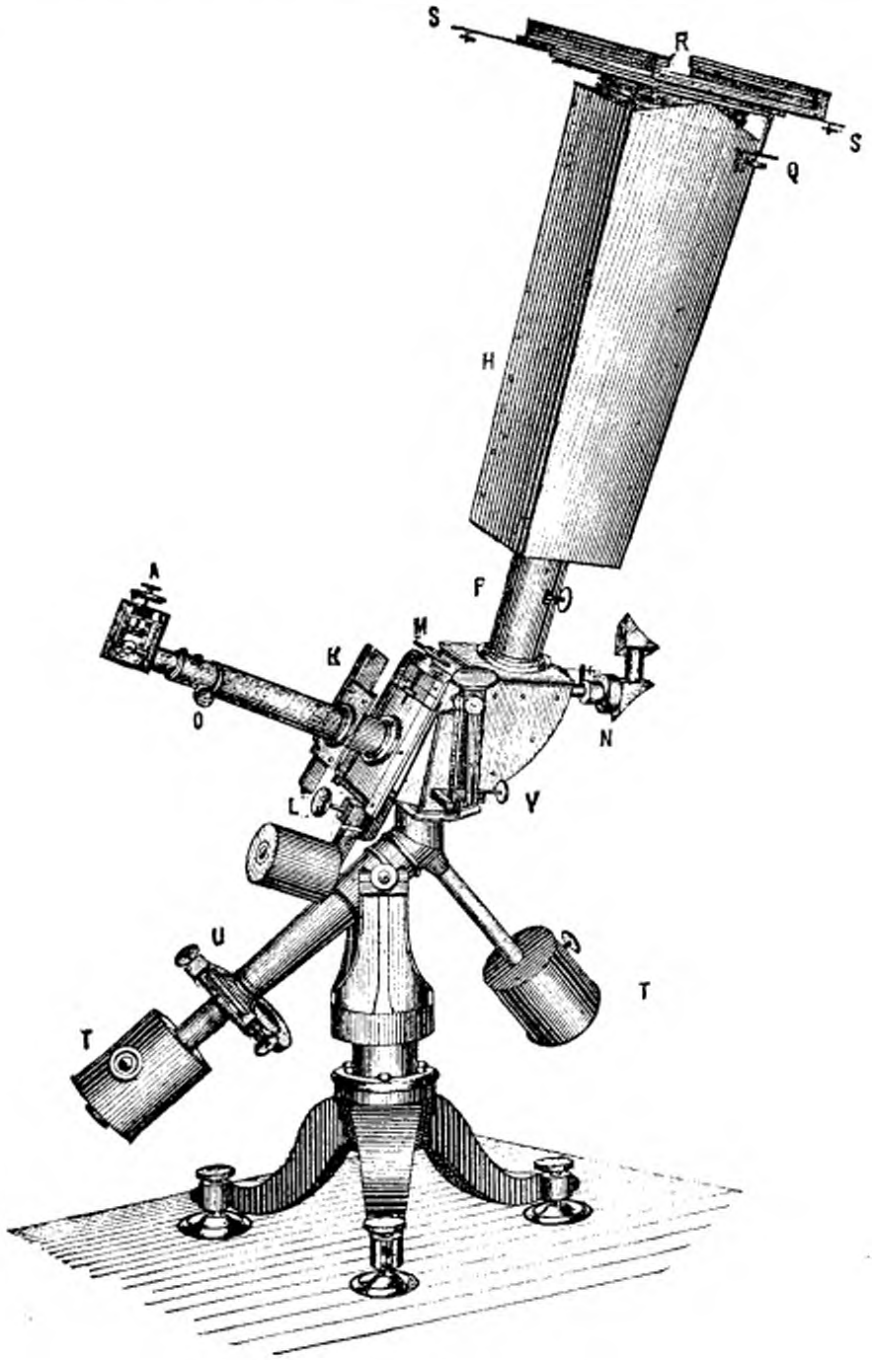


Fig. 16. Steinheil's grosser Spectrograph.

Farbstoffe) aber zeigen häufig so geringe Wirkung, dass man dieselbe leicht übersehen kann.

b) Der kleine Spectrograph war mit einigen Aenderungen nach H. W. Vogel's Angaben construirt: es ist ein Spectroscop à vision directe vor einer Camera befestigt und das Spectrumbild wird (ohne

Hilfe eines photographischen Objectives) auf der nassen Scheibe entworfen.

Abneys's Apparat zur „Photo-Spectroscopy", welcher aus dem Condensator, dem Collimator, mehreren Prismen und der Camera mit ihren Linsen besteht[1]), ist ähnlich dem eben beschriebenen; die Brennweite des Objectives ist 62 cm, die Zahl der Flintglasprismen drei[2]).

H. W. Vogel hat zum Studium über die chemischen Wirkungen des Spectrums auf Platten verschiedener Art einen Apparat zur Photographie des Sonnenspectrums construirt[3]).

Den Apparat bildet eine photographische Camera K (Fig. 17) aus Holz, 17 cm lang, 13 cm breit und 10 cm hoch, ohne Auszug, die bei H eine matte Scheibe v (vergl. Fig. 17) trägt, welche mit einer Cassette bekannter Einrichtung vertauscht werden kann. Der Vordertheil der Camera besteht aus einer beweglichen Jalousie R, die innerhalb der Coulisse $n' n''$ läuft und in der Mitte ein Brettchen b trägt, in welches das Spectroscop S mit horizontalem Spalt r eingeschraubt ist. Die Achse des Spectroscops liegt 2 cm unterhalb der Achse der Camera.

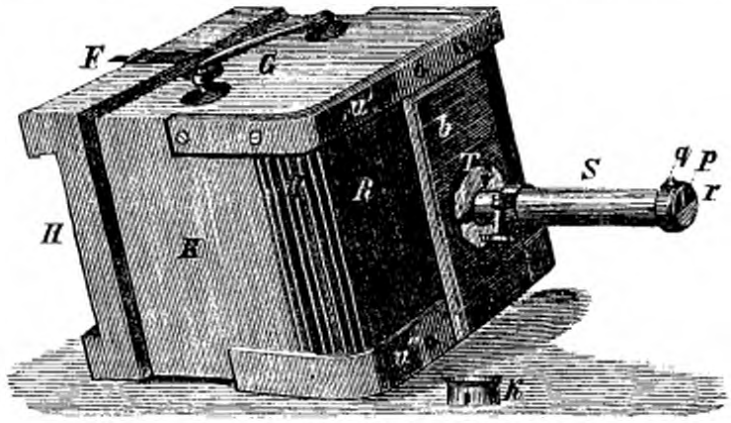


Fig. 17. Vogel's Spectrograph.

Die Jalousie erlaubt das Spectroscop seitlich zu verschieben, und man ist dadurch im Stande, auf einer kleinen Platte von 11 × 8 cm fünf senkrecht stehende Spectren nach einander aufzunehmen, falls man den Spalt nicht zu lang nimmt.

In Fig. 18 ist mein kleiner Spectrograph (von Dr. Steinheil) abgebildet. Vor dem Spalt B ist eine Cylinder-Sammellinse A angebracht, welche das Licht auf den Spalt concentrirt. Das Objectiv C des Spaltschlitten-Fernrohres hat 81 mm Brennweite. Der Prismensatz à vision directe besteht aus drei Crownglasprismen D' von 100 Grad 20′ 0″ brechendem Winkel[3]) und zwei Flintglasprismen D von 105 Grad 0′ 0″ brechendem Winkel[4]); die Zerstreuung von D—F ist gleich 4 Grad 6′ 40″,

1) Näher beschrieben in einer Reihe von Artikeln in Photogr. News. 1877. S. 461 u. ff.

2) S. Phot. Wochenbl. 1881. S. 257. Photogr. News. 1881. S. 377, 391.

3) Poggendorff's Annal. Bd. 156, S. 319; auch Bericht über die wissenschaftlichen Instrumente auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung im Jahre 1879.

3) Das Brechungsvermögen des Flintglases der Prismen ist für

$$n_D = 1{,}6533$$
$$n_F = 1{,}6669.$$

4) Das Brechungsvermögen des Crownglases der Prismen ist für

$$n_D = 1{,}5107$$
$$n_F = 1{,}5168.$$

also für das ganze Spectrum *A*—*H* circa 15 Grad. Das Spectrum wird in der Camera *F* photographirt: bei *G* befindet sich die empfindliche Platte, welche in einer Schiebercassette fünfmal verschoben werden kann. Die Schraube *E* ermöglicht das Verschieben des Spectroscopes zum Scharfeinstellen der Linien.

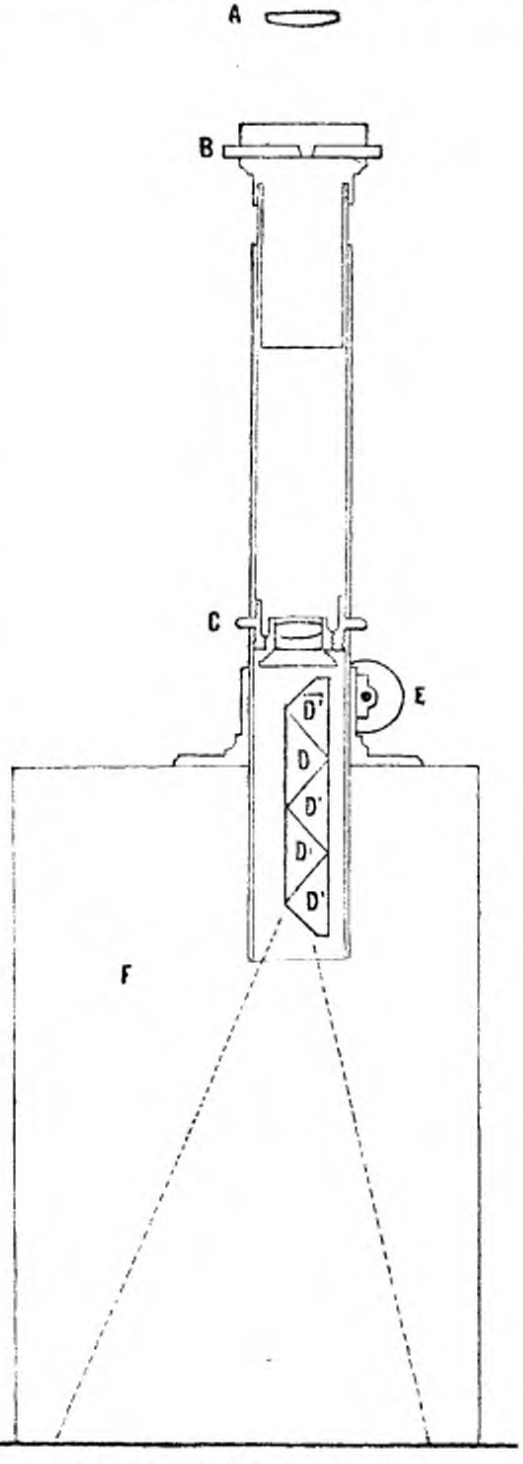


Fig. 18. Kleiner Spectrograph.

Ein solches Instrument gibt fast gar kein Spectrum von Ultraviolett, sondern wenig über *H* hinaus; es ist leichter zu handhaben als der grosse Spectrograph, gibt aber weniger klare Spectra.

Der Einfluss beider Instrumente auf die Vertheilung der chemischen Wirkung des Sonnenspectrums ist ein sehr bedeutender. Die im Spectroscop à vision directe combinirten Crown-Flintglasprismen schwächen schon das sichtbare Violett sehr, wie aus Fig. 14 hervorgeht; dadurch sinkt die Wirkung des damit erhaltenen Sonnenspectrums auf Bromsilber- und Chlorsilber-Gelatineemulsion im Violett auffallend. Am stärksten tritt dies bei Chlorsilbergelatine (mit Eisencitrat-Entwickler) hervor, welche im grossen Spectrographen mit Flintglasprismen das Maximum der Wirkung bei *H* am Beginne des Ultraviolett zeigt (Fig. 19, Curve 1; die punktirte Linie deutet das Resultat bei kürzerer Belichtung an), während im kleinen Spectrographen (à vision directe) das Maximum zwischen *G* und *F* liegt (Fig. 19, Curve 2). Die Verschiedenheit der beiden Curven, wie sie Fig. 19 zeigt, sind so gross, dass man kaum glaubt, dasselbe Silbersalz vor sich zu haben.

In meinem grossen Spectralapparat verschiebt sich sogar das Maximum der Wirkung in bemerkbarer Weise, je nachdem das äussere Violett oder Blaugrün in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht wird. Es ist

somit die Beurtheilung verschiedener Modificationen des Brom- und Chlorsilbers nach dem Maximum der Empfindlichkeit eine unsichere und nur von relativem Werth.

Meine in diesem Bande (weiter unten), sowie im dritten Bande dieses „Handbuchs" mitgetheilten Untersuchungen über die Maxima der

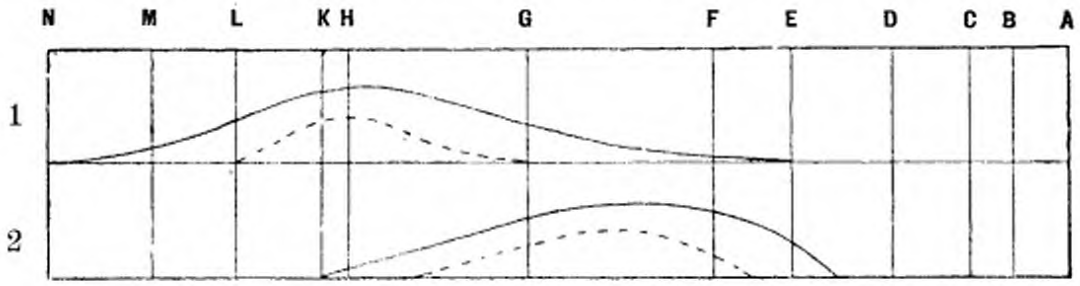


Fig. 19.

Curve 1. Spectrumbild auf Chlorsilbergelatine mit dem grossen Spectrographen. — Curve 2. Dasselbe mit dem kleinen Spectrographen à vision directe.

sensibilisirenden Wirkung von Farbstoffen auf Bromsilber sind mit dem grossen Steinheil'schen Apparate gemacht und somit sämmtliche unter sich vergleichbar.

Das Spectrum eines kleinen Spectrographen, welches mit einem Spectralapparate à vision directe versehen ist, wird schärfer, wenn man hinter dasselbe eine Sammellinse anbringt. Auf diese Weise ist der in

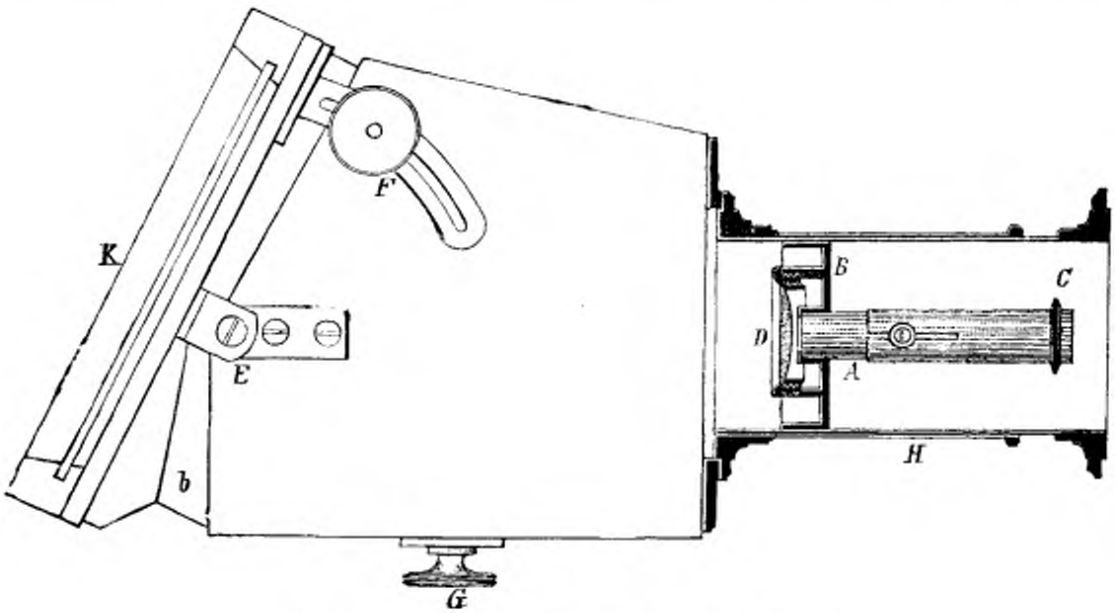


Fig. 20. E. von Gothard's kleiner Spectrograph.

Fig. 20 abgebildete Spectrograph von E. v. Gothard eingerichtet. *H* ist die Camera, *K* die Cassette. Diese ist mittels zweier Messingcharniere *E* mit der Camera verbunden, damit man ihr die gehörige schiefe Stellung geben kann. *F* ist eine Schraube zum Fixiren der Cassettenführung,

b ist ein kurzer Blasebalg, *H* ist ein starkes Messingrohr, welches den Verschluss (eventuell Momentverschluss) des Spectroscops trägt, welches im Innern das Spectroscop à vision directe und eine einfache planconvexe Crownglaslinse *D* enthält [1]).

B) Beschreibung des vom Verfasser verwendeten Quarzspectrographen [2]).

Bei meinen Versuchen „Ueber das sichtbare und ultraviolette Emissionsspectrum schwach leuchtender Kohlenwasserstoffe etc." (Denkschriften d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. 1890) war ich bestrebt, das gesammte Spectrum, vom rothen Theile bis zum äussersten Ultraviolett, auf einer Platte mittels Quarzkörper zu photographiren; nur auf diese Weise lässt sich ein typisches Bild der Eigenthümlichkeiten eines Spectrums herstellen, was ebenso wichtig für Absorptions- als Emissionsspectren ist.

Wie bereits Herr V. Schumann aufmerksam machte [3]), liegt die Schwierigkeit, den sehr ausgedehnten Spectralbezirk von λ 7600—1988 (Aluminium No. 30), um den es sich hier handelt, zu photographiren, darin, dass die Krümmung der Diakaustik der Linsen hinderlich ist. Ihr zufolge erscheint eine solche Aufnahme nur theilweise scharf. Von der Stelle an, wo sich Diakaustik und Platte berühren — was gewöhnlich in der Spectrumsmitte geschieht — nimmt die Bildschärfe nach beiden Seiten hin ab.

Diesen Uebelstand hat man bis jetzt dadurch umgangen, dass man nicht das ganze Spectrum auf einmal, sondern beide Hälften nach einander aufnimmt und dabei jedesmal die Schiefstellung der lichtempfindlichen Platte der Brennfläche der Linse anpasst. Solche getrennte Aufnahmen sind nicht verwendbar, wenn es sich darum handelt, gleichzeitig ein typisches Bild des ganzen Spectrums zu erhalten, wie es für meine Versuche mir von besonderem Werth schien.

Von der Anwendung der von Herrn Cornu empfohlenen Achromaten aus Quarz und weissem Flussspath [4]) musste ich absehen, weil farbloser Flussspath von tadelloser Durchsichtigkeit nicht erhältlich ist.

---

1) Siehe auch Konkoly's Himmelsphotographie. 1887. (Halle a. S., W. Knapp.)

2) Derselbe befindet sich im photochemischen Laboratorium der k. k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie und Reproductionsverfahren in Wien und wurde in Eder's Abhandlung: Ueber das sichtbare und ultraviolette Emulsionsspectrum schwach leuchtender verbrennender Kohlenwasserstoffe und der Oxy-Hydrogenflamme, abgebildet (Denkschriften der kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. 1890).

3) Eder's Jahrbuch f. Photographie und Reproductionstechnik für 1890. S. 159.

4) Cornu, Darstellung des photographischen Spectrums von Violett bis zur Linie No. 32 des Aluminium auf derselben Platte. (Eder's Jahrbuch für Photographie für 1889. S. 267.)

Hartley stellte bei seinen Aufnahmen der Ultravioletten auf die Cadmiumlinie No. 17 ($\lambda = 2743$) ins Minimum der Ablenkung ein. Dabei passiren dann alle übrigen Strahlen, mögen sie der brechbareren oder der anderen Hälfte des Spectrums angehören, das Prisma nicht symmetrisch, und wie bekannt, verliert das Linienbild umsomehr an Schärfe, je weiter es sich vom Minimum der Ablenkung entfernt.

V. Schumann in Leipzig, dem wir die genauesten Studien mit dem Quarzspectrographen verdanken, und der mir bei der Anfertigung meines Spectrographen freundlichst mit Rath und That behilflich war, theilte mir seine Beobachtungen über diese Art der Einstellung (nach Hartley) mit; er fand, dass die beiden Spectrumhälften an Deutlichkeit verschieden sind, und dass die minder brechbare die besser definirte von beiden ist. Noch augenfälliger wird dieser Unterschied, wenn man vom Ultravioletten ganz absieht und nur mit dem sichtbaren Spectrum operirt.

Bringt man dann beispielsweise die gelbe Natronlinie einer Kochsalzflamme in die Stellung der kleinsten Ablenkung und dreht das Prisma, so wird genannte Linie wenig an Schärfe verlieren, so lange der Einfallswinkel, welchen die vom Spalt kommenden Strahlen mit der ersten brechenden Fläche des Prismas bilden, wächst; dahingegen wird ihre Reinheit bei ungewöhnlicher Verbreitung rasch zurückgehen, sobald der genannte Winkel abnimmt. Diese Thatsache benutzte V. Schumann, um die bisher gekrümmte Diakaustik der Quarzlinsen in eine möglichst plane Fläche umzugestalten.

Zu dem Zwecke stellt man das Prisma nicht wie bisher für die Cadmiumlinie No. 17, sondern für die brechbarste Linie des Zinks No. 29 ins Minimum der Ablenkung ein.

Von der Neigung der ersten Prismafläche zur Achse des Collimators hängt zugleich die Länge des Spectrums ab. Durch geeignete Deckung des Prismas lässt sich die Spectrumlänge dergestalt verändern, dass das Bild, vornehmlich in den Endbezirken, sichtbar an Reinheit gewinnt. — Nicht ohne Einfluss auf das Endresultat sind die Längen der Camera und des Collimators. Rohre gleicher Länge geben nicht die besten Resultate. Bei mässiger Verkürzung des Collimators und entsprechender Verlängerung der Camera erlangt man im ganzen Spectrum gleichmässigere Schärfe, denn je zuvor.

Die Ermittelung der zweckdienlichsten gegenseitigen Stellung von Collimator, Prisma und Platte ist eine zeitraubende Arbeit. Es versteht sich wohl von selbst, dass nur die Resultate der photographischen Beobachtung ausschlaggebend sind.

Mit meinem, nach diesen Schumann'schen Principien hergestellten Quarzspectrographen erhielt ich Spectrumbilder von $\lambda = 7600$ (Roth) bis $\lambda = 1988$ (Aluminium No. 30) mit vollkommen scharfer Definition, welche das Ausmessen mit grösster Genauigkeit gestatteten.

Die „Quarzlinsen" waren aus reinstem Bergkrystall (senkrecht zur optischen Achse) geschnitten; sie hatten beiläufig eine Brennweite von 75 cm für die gelbe Natriumlinie. Beide Linsen waren planconvex und symmetrisch. Der Krümmungsradius war = 392 mm und der Durchmesser = $38^1/_2$ mm. Eine dieser Linse diente als Collimatorlinse, die andere als photographisches Objectiv. Das Quarzprisma war (nach Cornu) zweitheilig; jeder Theil war ein 30gradiges Prisma, wovon das eine rechts, das andere links drehend war. Die beiden Halbprismen waren senkrecht zur optischen Achse geschnitten, wie in Fig. 21 ausgedrückt ist. Beide Hälften wurden zusammengestellt[1]) und gaben dann ein combinirtes Prisma von 60 Grad brechendem Winkel.

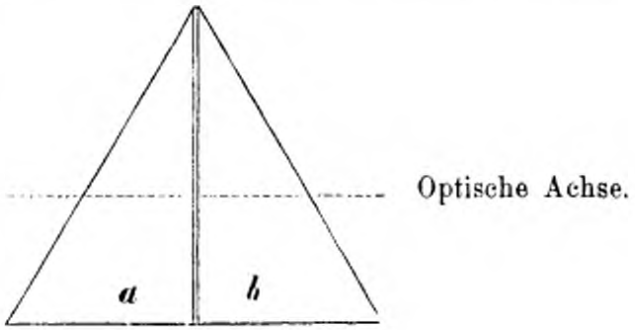


Fig. 21.
a rechts drehender Quarz.
b links drehender Quarz.

In Folge der Verwendung nicht achromatisirter Quarzlinsen musste die empfindliche Platte stark gegen die Achse der Cameralinse geneigt werden; die Vereinigungsweite der ultravioletten Strahlen ist nämlich bei den obigen Bedingungen bedeutend kürzer als jene der rothen und gelben.

Wie bereits erwähnt, muss die Lage der empfindlichen Platte der Lage der Brennfläche der Quarzlinsen angepasst werden.

Bei dem von mir verwendeten Apparat beträgt die Schiefstellung der Platte ungefähr 25 Grad, d. i. der Winkel, den die Platte mit der Linse einschliesst. Durch diese Schiefstellung der Platte wird das Spectrumbild um das Zweieinhalbfache verlängert.

Es wächst somit scheinbar die Dispersion [wie bereits Schumann[2]) aufmerksam macht], aber freilich auch das Verhältniss der Breite der Spectrumlinien. Es ist diese Längenzunahme des Spectrums, in Anbetracht der schwachen Dispersion des Quarzes, ein namhafter Vortheil,

---

1) Ohne jedes Bindemittel. Canada-Balsam ist für die Photographie des Ultravioletts ganz ungeeignet; dagegen wäre dickes Glycerin verwendbar, welches die ultravioletten Strahlen äusserst wenig absorbirt.

2) Eder's Jahrbuch für Photographie für 1889. S. 233.

und da sie lediglich aus der Chromasie der Cameralinse resultirt, so ist die einfach chromatische Quarzlinse einem achromatischen Quarz-Flussspathobjectiv in diesem Falle entschieden vorzuziehen.

Das Plattenformat für meine Spectrumphotographien ist 30 cm Länge und 8 cm Breite.

Durch Anwendung des Lockyer'schen Spaltes mit Riegeln lassen sich bei ungeänderter Lage der photographischen Platte fünf Spectrumaufnahmen übereinander machen. Die Cassette kann 4—5mal verschoben werden, so dass auf eine Platte 4—5 Aufnahmen mit voller Spaltbreite, oder 20—25 Aufnahmen mit partiell geöffneter Spalte sich machen lassen.

Selbstverständlich ist die Dispersion des Quarzspectrographen in optisch hellem (sichtbarem) Spectrum gering.

Die Ausdehnung des Spectrums von der gelben Na-Linie (D) bis zum Ende des Violett (Linie H des Sonnenspectrums) beträgt $3^1/_2$ cm, dagegen ist die Länge des ultravioletten Spectrums H ($\lambda = 3968$) bis zur Cadmiumlinie (λ 2147) = 20 cm.

C) Das Arbeitszimmer.

Das Zimmer, worin die Beobachtungen angestellt wurden, war vollkommen verfinstert, und es wurde auf Erhaltung einer möglichst gleichmässigen Temperatur geachtet. In der That bewirkte selbst die 4tägige fortgesetzte Belichtung nicht die nachweisbare Verdoppelung irgend einer Linie.

D) Behandlung der photographischen Platten.

Die angewendeten photographischen Platten waren hochempfindliche Bromsilber-Gelatineplatten von einer Empfindlichkeit = 23 Grad des Warnerke-Sensitometers.

Zum Theil wurden selbsterzeugte Jod-Bromsilberplatten (mittels Silberoxydammoniak nach Eder's Methode hergestellt[1]), zum Theil auch Platten aus der Emulsionsplattenfabrik von Dr. Schleussner in Frankfurt a. M. verwendet. Selbstverständlich muss die Emulsion auf Spiegelglas aufgetragen sein. Das Plattenformat war 8 : 30 cm.

Als Entwickler diente Pyrogallol-Soda oder Pyrogallol-Pottasche, welche Entwickelungsart für die Schärfe der Spectrallinien sich entschieden vortheilhafter erwies, als der in neuerer Zeit in der Photographie häufig verwendete Hydrochinon- oder Eikonogen-Entwickler.

---

1) Siehe Eder's Photographie mit Bromsilber-Gelatineplatten. 1890. (Knapp, Halle a. d. Saale.)

Für die selbstbereiteten Silberoxydammoniakplatten benutzte ich in der Regel einen folgendermassen zusammengesetzten Pyrogallol-Soda-Entwickler:

A. 100 g neutrales Natriumsulfat (krystall.),
500 ccm Wasser,
6 Tropfen concentrirte Schwefelsäure,
14 g Pyrogallol.

B. 50 g Krystallisirtes Natriumcarbonat,
500 ccm Wasser.

C. 1 g Bromkalium,
10 ccm Wasser.

Vor dem Gebrauche mischt man 1 Vol. A mit 1 Vol B und 1 Vol. Wasser; entwickeln sich die Platten in diesem Gemische nicht ganz schleierlos, so fügt man auf ungefähr 50 ccm Entwickler 4—6 Tropfen von Bromkaliumlösung C hinzu.

Schleussner-Platten und andere minder kräftig arbeitende hochempfindliche Gelatine-Emulsionsplatten entwickelte ich dadurch, dass ich eine Pottaschelösung aus

D. 50 g calcinirtes Kaliumcarbonat und
500 ccm Wasser

herstellte und in obiger Vorschrift an Stelle der Natriumcarbonat-Lösung verwendete; es genügt die halbe Menge der Pottaschenlösung, nämlich

20 ccm A (Pyrogallol-Lösung),
10 ccm D (Kaliumcarbonat-Lösung),
20 ccm Wasser und
4—6 Tropfen Bromkalium-Lösung (1 : 10).

Als Fixirer dient angesäuerte Natrium-Hyposulfit-Lösung, nämlich:

250 g Natrium-Hyposulfit (Fixirnatron),
1 Liter Wasser,
50 ccm concentrirte Natrium-Bisulfit-Lösung[1]).

In diesem sauren Fixirbade werden die Negative sehr klar und verlieren jede Spur von Gelbfärbung der Gelatineschichte, welche die mit Pyrogallol entwickelten Platten öfters zeigen.

Sollen bei der Photographie der Spectren die gelben und grünen Strahlen berücksichtigt werden, so bedient man sich orthochromatischer

1) Nämlich concentrirte Natrium-Bisulfit-Lösung, welche mit Schwefeldioxyd übersättigt ist. Solche Lösungen kommen zu billigen Preisen in den Handel und werden gegenwärtig in der praktischen Photographie häufig verwendet. (S. Eder's Photographie mit Bromsilbergelatine. III. Band dieses „Handbuches". 4. Aufl. 1890. S. 309.)

Platten, welche ich mir stets selbst aus gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten durch Färbung mit Erythrosin oder Erythrosinsilber darstelle.

Man stellt eine Lösung von 1 Theil Erythrosin[1]) und 1000 Theilen Wasser und andererseits eine Lösung von 1 Theil Silbernitrat in 80 ccm Wasser her. Vor dem Gebrauche werden

25 ccm Erythrosin-Lösung,
1 ccm Silbernitrat-Lösung,
$^1/_2$ ccm = 8 Tropfen Ammoniak (Dichte = 0,91) und
75 ccm Wasser

gemischt, bestens filtrirt und in der Dunkelkammer darin eine gewöhnliche Emulsionsplatte durch 1 Minute gebadet[2]). Die Platten werden frei in der Luft und völliger Finsterniss getrocknet und halten sich dann 2—3 Tage lang.

E) Der Ausmessapparat.

Zum Ausmessen der Lage der Spectrallinien auf den photographischen Negativen müssen sehr genaue Ausmessapparate verwendet werden, bei welchen man grössere Strecken der Negative rasch und sicher messen kann. Mein Ausmessapparat wurde nach dem Muster des bewährten V. Schumann'schen Instrumentes[3]) durch Herrn E. v. Gothard in Hereny construirt und angefertigt.

Derselbe besteht in Folgendem: Als Massstab dient ein Millimeterstab (von Wanschaff, Berlin), an welchem die Ablesung mittels eines Ablesemikroscopes erfolgt; in fester Verbindung mit dem Mikroskope bewegt sich ein zweites Mikroscop, welches zur Einstellung der Spectrallinien dient. Das Mikrometergewinde im Ocular-Schrauben-Mikrometer wird nur auf die Strecke eines Millimeters benutzt; grössere Strecken werden am Millimeterstab abgelesen. Fig. 22 und 23 zeigt die Hinter- und Seitenansicht des Instrumentes.

A in Fig. 22 und 23 ist ein massiver Eisentisch, welcher mit dem Eisenprisma *pp* und dem eisernen Tisch *oo* fest verbunden ist. Auf dem Prisma *pp* ist der Schlitten *c* aufgesetzt, welcher durch sein eigenes Gewicht auf demselben ruht und die beiden Beobachtungsmikroscope *a* und *b* mit dem massiven, festverbundenen Bügel *m* trägt. Der Schlitten hat eine Rohbewegung mittels einer Zahnstange und Schraube; für die feine Bewegung ist eine Mikrometerschraube *d* angebracht, welche gleichfalls auf einem separaten kleinen Schlitten *d* ruht, dessen Backen das

1) Die Erythrosinsorten des Handels sind sehr verschieden; ich benutzte stets Erythrosin von Dr. Schuchardt in Görlitz.

2) Die Tasse muss hierbei stets geschwenkt werden, um Flecken zu vermeiden.

3) Siehe Konkoly, Anleitung zur Himmelsphotographie. 1887. S. 191.

Prisma umschliessen und auf diesem — an beliebiger Stelle — mit einer Klemmschraube festgeklemmt werden kann. Der obere Theil dieser Vorrichtung trägt eine Mikrometerschraube. Durch diese Schraube werden die Ablesemikroscope mit dem Schlitten *c*, auf welchem sie befestigt sind,

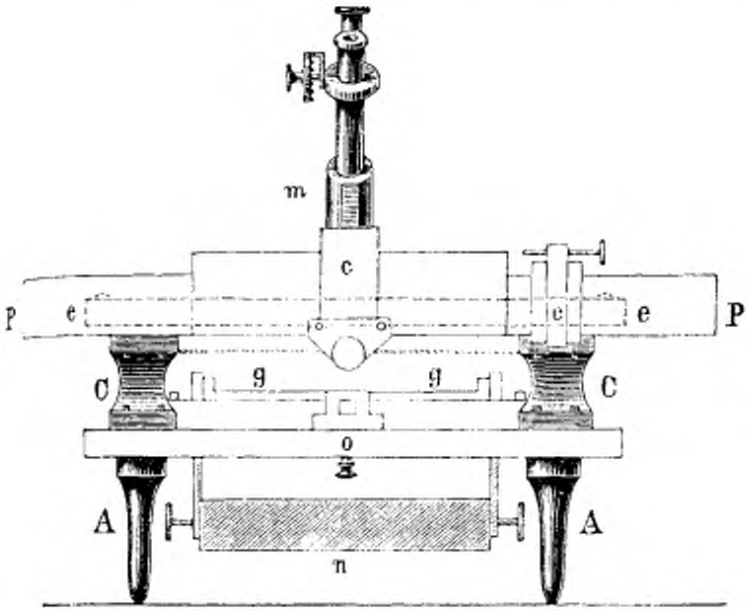


Fig. 22.

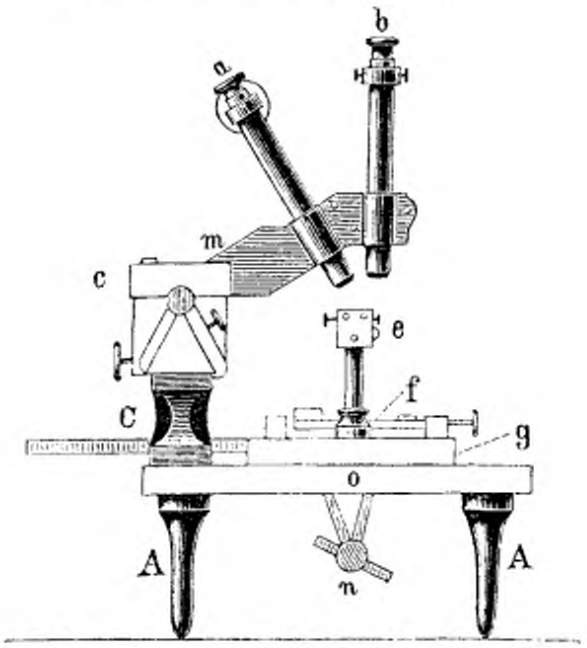


Fig. 23.

von rechts nach links geschoben; diese Bewegung ist sehr sicher, dient jedoch nur zum Feineinstellen auf kleinen Strecken. Fig. 24 zeigt den Tisch, auf welchen die Spectralnegative festgeklemmt oder mit Klebwachs fixirt werden. Auf dem Tische *o* (Fig. 23) liegt ein planer

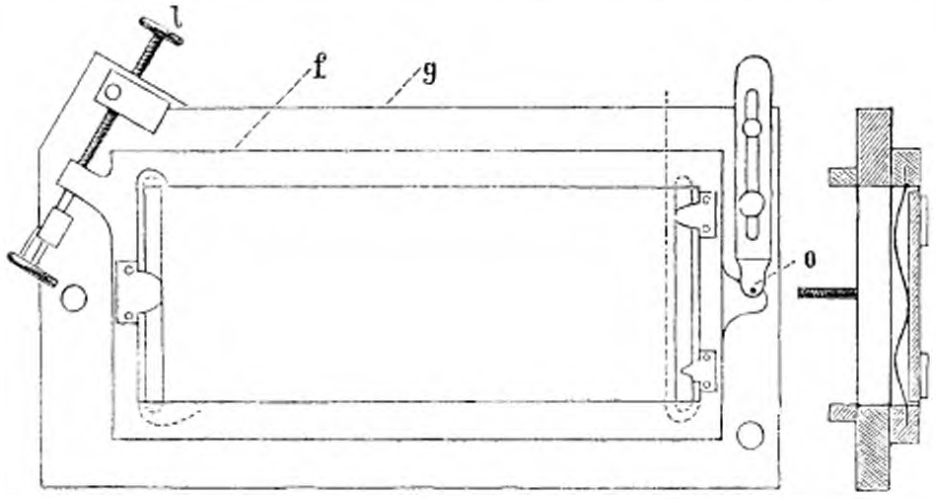


Fig. 24.

Rahmen *g* (Fig. 24), auf welchem sich ein beweglicher Rahmen *f* befindet. Dieser dreht sich um den Zapfen *o* und kann mit der Schraube *l* derart bewegt werden, dass die Spectrallinien der Platte senkrecht auf die Bewegung des die Ablesefernrohre tragenden Schlittens *c* (Fig. 22 u. 23) zu stehen kommen.

Die Negative werden in den Rahmen *f* eingespannt, damit sie sich während des Ablesens nicht verschieben. Der Millimeterstab (*e*) ist mittels zweier Säulen mit den Rahmen *g* verbunden. Die Spectralnegative werden beim Ausmessen von unten mittels eines Spiegels (*n*) beleuchtet; mitunter nimmt man die Spectrallinien im Mikroscope besser wahr, wenn statt des Spiegels eine weisse Porzellanplatte als Reflector benutzt wird.

Das eine Ablese-Mikroscop (*a* und *b*) ist auf den Mikrometerstab, das andere auf das Negativ eingestellt; ersteres ist mit einem Ocularmikrometer, letzteres bloss mit einem Andreaskreuz versehen. Die Vergrösserung ist eine 20fache.

Die Mikrometerschraube im Mikroscope *a* hat 10 Gänge auf einen Millimeter und die Trommel ist in 100 Theile getheilt. Die Einrichtung der Mikrometervorrichtung zeigt Fig. 25, 26 und 27 (Konkoly a. a. O.).

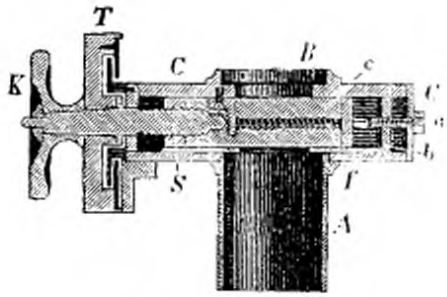


Fig. 25.

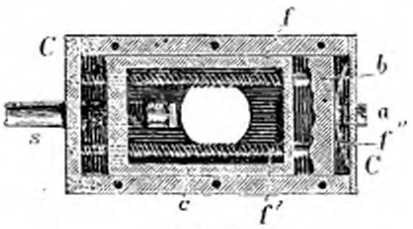


Fig. 26.

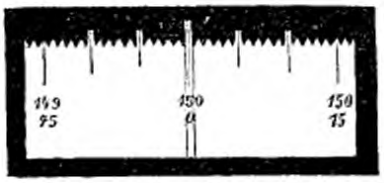


Fig. 27.

A ist das Mikroscoprohr, auf welches der viereckige Kasten *cc* aufgesetzt ist; in diesem bewegt sich der Rahmen *c* (Fig. 25), auf welchen die beiden in Fig. 27 sichtbaren parallelen Fäden aufgespannt sind; in diesem Rahmen befindet sich auch das Muttergewinde der Mikrometerschraube *S*, welche an ihrem äusseren Ende die Trommel *T* und den Knopf *K* (Fig. 25) trägt. Der todte Gang der Mikrometerschraube ist durch zwei Spiralfedern (*f* und *f'*) aufgehoben. Die Platte *b*. Feder *f''* und Schraube *a* dienen zur Collection des Nullpunktes der Zählung. (Fig. 26.)

F) Das Vergleichsspectrum mit dem zu untersuchenden Spectrum.

Zur Herstellung und gleichzeitigen Photographirens eines Vergleichsspectrums wurde mittels eines grossen Ruhmkorff das Funkenspectrum einer Legierung von Cadmium, Zink und Blei (zu gleichen Theilen) erzeugt. Das Ruhmkorff'sche Inductorium gestattete die Erzielung einer Funkenschlagweite von 25 cm. Der elektrische Strom wurde mittels

sechs grosser Vohwinkel'scher Elemente (platinirtes Blei mit Chromsäure, amalgamirtes Zink in einem Thondiaphragma mit verdünnter Schwefelsäure) erzeugt; die Batterie gab, frisch gefüllt, 17 Ampère und 12 Volt Spannung. Der Funke wurde durch Einschaltung von drei grossen Leydener-Flaschen verstärkt. Die Distanz der Metallelektroden betrug ungefähr 2 mm. Der Funkengeber war in einer Entfernung von 40 bis 50 cm vom Spalt des Spectralapparates aufgestellt, so dass die Guttaperchabestandtheile desselben selbst beim andauernden Brennen der Gasflamme nicht Schaden leiden konnten. Der Metallfunke schlug in horizontaler Richtung über und ferner wurde derselbe vor die Mitte des Spaltes gebracht. Dadurch erreichte ich, dass ein scharf definirtes Spectrum der Legirung in der Mitte der Platte entstand.

Der Spalt war (nach Lockyer's Vorgang) durch fünf kleine Schieber verdeckt, welche successive geöffnet oder geschlossen werden konnten. Das Funkenspectrum der Cadmium-, Zink- und Blei-Legirung photographirte ich bei geöffnetem Mittelriegel mit einer Belichtungsdauer von 10 bis 20 Minuten; während dieser Zeit entsteht eine vollkommen kräftige, gut definirte Photographie der Metalllinien und zwar nicht nur Hauptlinien, sondern auch der von Hartley genau bestimmten schwächeren Linien [1]).

Beim Uebereinanderphotographiren zweier zu vergleichender Spectren ist die grösste Sorgfalt auf das richtige axiale Einfallen des Lichtes der zu beobachtenden Lichtquellen zu legen. Das Einstellen des Metallfunkens geschah dadurch, dass eine kleine runde Blende dicht vor die Collimatorlinse eingesetzt wurde und dann das helle Spaltbildchen mit dem von Schumann empfohlenen, vor der Mitte des Prismas befindlichen Spiegel [2]) beobachtet wurde. Die Regulirung der Höhe des Inductionsfunkens geschah mit einem Eug. von Gothard'schen Funkengeber, dessen Einrichtung aus Fig. 28 ersichtlich ist. Er ist ähnlich dem von V. Schumann construirten und mit Erfolg verwendeten Apparat. Auf einem verstellbaren Röhren-Stativ *A* bewegt sich (mittels einer Zahnstange und Schraube) die Stange *B* auf- und abwärts und kann mit der Schraube *a* geklemmt werden. Die dicke Ebonitscheibe *E* trägt zwei Messinglager *FF'*, welche die beiden starken Messingstäbe *bb* aufnehmen;

1) Wird der Metallfunke nicht genau gegenüber der mittleren Spaltöffnung erzeugt, so entsprechen die Spectrallinien nicht der ganzen Länge der freigelassenen mittleren Spaltlänge, sondern werden kürzer und verlaufen bald als längere, bald als kürzere Linien.

2) Siehe Konkoly, Anleitung zur Himmelsphotographie, 1887 bei W. Knapp in Halle a. S.

diese Stäbe sind bei *gg* rund ausgebohrt, um die Elektroden aufnehmen zu können, welche mit Hilfe der Schrauben *ff* festgeklemmt werden. Die Enden der Messingstäbe tragen grosse Ebonitscheiben, mit welchen man die Elektrodendistanz auch während des Ganges des Inductoriums verändern kann.

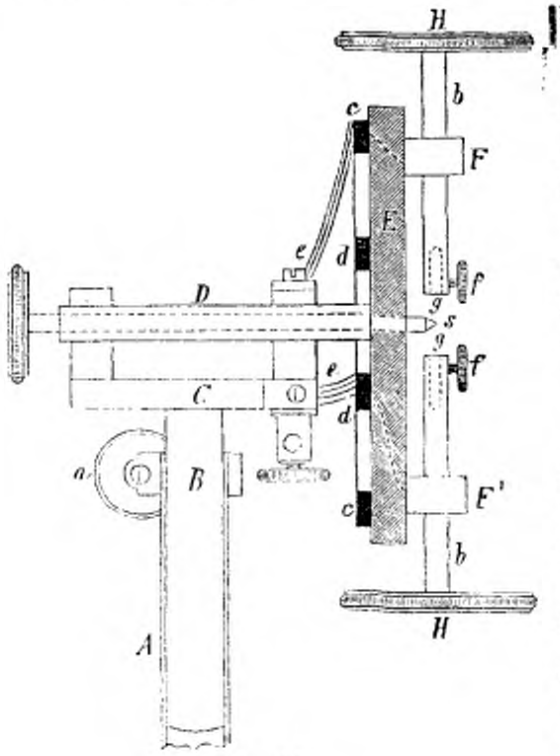


Fig. 28.

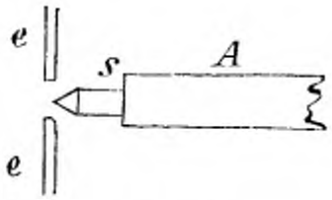


Fig. 29.

Auf der Rückseite der Ebonitscheibe *E* sind zwei Messingringe *cc* und *dd* aufgesetzt, wovon der eine mit *F*, der andere mit *F'* in leitender Verbindung steht. Die Polklemmen sind am Ebonitständer *C* aufgesetzt und mit Messingfedern mit den Ringen *cc* und *dd* in Contact gebracht.

Die Scheibe *E* kann um ihre Achse *D* beliebig gedreht werden, wobei stets der Strom eingeschaltet bleibt. Die Achse *D* ist hohl und in ihrem Innern kann leicht ein cylindrischer Stab aus Stahl, welcher, wie Fig. 29 zeigt, in eine Spitze *S* ausgeht, hin- und hergeschoben werden. Dieser cylindrische Stab dient (wie bei Schumann's Vorgang) zum Justiren der genauen Lage des Funkens. Man nähert nämlich die Elektroden stets in gleicher Weise der Spitze *S*, um sie constant eine bestimmte Stelle zu bringen; geringe Abweichungen in der Stellung der Elektroden bewirken nämlich ein Hin- und Herrücken des Metallspectrums auf der photographischen Platte, was bei Versuchen über Coïncidenz von Linien vermieden werden muss. Auch kann man die Folgen der ungleichen Abnutzung der Elektroden, während einer photographischen Aufnahme, nicht nur durch Umschalten der Pole, sondern auch durch Drehung der Scheibe *E* um 180 Grad unschädlich machen.

G) Das Bezugsspectrum.

Als Bezugslinien wurden die Hartley-Adeney'schen Zahlen[1]) gewählt, da dieselben gut mit den von Liveing und Dewar angegebenen

1) Hartley und Adeney, Measurements of the Wave-Lengths of Lines of high refrangibility in the Spectra oft elementary Substances. [Phil. Transact. of the Royal Society. 1884. (Im Auszug: Watts, Index of Spectra. Manchester. 1889.)]

Zahlen (Phil. Transact. 1883. Vol. 174. Part. 1, ferner Phil. Transact. 1888[1]) für die Wellenlängen $\lambda > 2370$ stimmen[2]).

Die Ausmessungen der Spectrumnegative und die darnach durch Interpolirung berechneten Wellenlängen der in der oben citirten Abhandlung (Seite 221) angeführten Spectren bezog ich auf die Linien der aus gleichen Theilen hergestellten Legirung von Cadmium, Zink und Blei, auf einige charakteristische Luftlinien, sowie in einzelnen Fällen auf das mitphotographirte Magnesiumspectrum (im Inductionsfunken).

Die Wellenlängen sind, bei meinen Untersuchungen, in Angström'schen Einheiten 10^{-7} mm angegeben, wie dies auch von H. Kayser und Runge[3]) und Anderen geschah. Die Genauigkeit meiner Messungen erstreckte sich im sichtbaren Spectralbezirke zumeist auf eine Angström'sche Einheit; im Ultraviolett, wo die Dispersion eine viel grössere ist, dagegen bis auf $^1/_{10}$ Angström'sche Einheit. Es entsprechen nämlich 159 Theile des von mir benutzten Ausmessapparates z. B. in Gelb zwischen Pb $= \lambda = 5607$ bis Cd $= \lambda = 5378$ einer Angström'schen Einheit; im Blau zwischen Cd $= 4799$ bis Zink $= \lambda = 4721$ entsprechen 230 Theile $= 1$ Angström'sche Einheit; im Ultraviolett zwischen Zn $= \lambda = 3344$ bis Zn $= \lambda = 3302$ entsprechen 653 Theile $= 1$ Angström'sche Einheit und zwischen Pb $= \lambda = 2613$ bis Zn $= \lambda = 2608$ entsprechen 1346 Theile einer Angström-Einheit.

H) Spectrograph mittels Diffractionsgitter[4]). [Vergl. S. 205.]

Nach der von Prof. Rowland aufgestellten Theorie des concaven Gitters treten die Linien des durch das Bild eines schmalen Spaltes gebildeten Spectrums in einen Focus, welcher von dem Gitter um die Länge des Krümmungsradius desselben entfernt ist; wenn daher der Spalt S (Fig. 30), die gegitterte Oberfläche G und das Ocular oder die photographische Platte P auf der Peripherie eines Kreises $SPP'G$ bleiben, dessen Radien CG. CP. CP' und CS gleich dem halben Krümmungsradius PG des Gitters sind, so wird das Spectrum stets in P oder irgend einem anderen Punkte der Peripherie des Kreises, z. B. in P' im Focus sein. Ausserdem wird, wenn CP und CG eine gerade Linie

1) Im Auszuge: Watts. Index of Spectra. 1889

2) Vergl A Grünwald, Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. 2. Abth, Bd. 93, S. 791. Wien. 1890.

3) Ueber die Spectren der Elemente. Abhandl. d. königl. preuss. Akademie d. Wissenschaften. Berlin. 1889 u. ff.

4) Nach Waterhouse (Eder's Jahrbuch für Photographie 3. Jahrgang. 1889. Seite 284).

bilden, die Focuslinie senkrecht zu der Richtung des Lichtes sein und das Spectrum ist dann bei P normal, ohne Rücksicht auf die Stellung des Spaltes, vorausgesetzt nur, dass dieser sich auf dem Kreise befindet.

Bei Prof. Rowland's Anordnung, wie dieselbe in L. D. & E. Phil. Mag. 5. Serie. Vol. XVI. 1883. p. 203 beschrieben ist, ist der Spalt fest, und das Gitter und das Ocular oder die photographische Platte sind an einer Stange PG befestigt, deren Enden und Lafetten liegen, welche sich entlang den Schienen SGR' und SPR, die rechtwinklig zu einander liegen, bewegen (Fig. 30). Diese Anordnung ist äusserst einfach. Der Spalt bleibt an seiner Stelle und auch die Richtung des Lichtes bleibt unverändert, weil das Gitter und der Spalt sich immer auf derselben Linie SGR' befinden; ausserdem kann das Objectiv oder die photo-

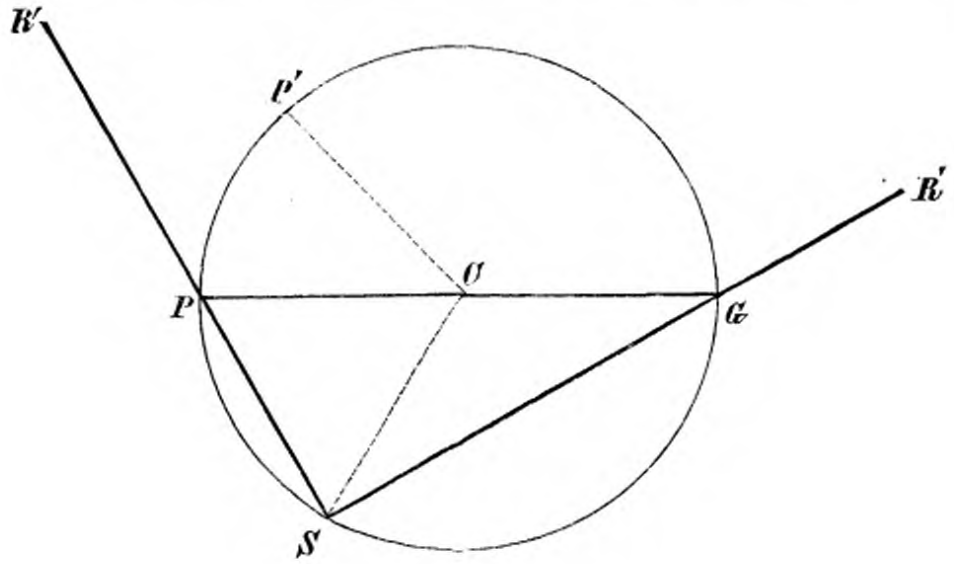


Fig. 30.

graphische Platte, wenn ein Massstab mit gleichen Theilabschnitten, welche Wellenlängen darstellen, entlang der Linie SPG angebracht wird, sofort zur Beobachtung jedes beliebigen Theiles des Spectrums eingestellt werden. Weiter kann man, indem man Massstäbe für jedes der übereinander gelegten Spectren längs derselben Linie anbringt, sofort sehen, welche Linien übereinander liegen, und die relative Wellenlänge derselben bestimmen, da die Gesammtheit der übereinander liegenden Spectren sich im Focus befindet.

Es ist ausserdem klar, dass diese Anordnung sich auch sehr gut für Gitter mit verschiedener Focallänge benutzen lässt, wenn nur die Schienen lang genug sind und die Camera oder die Stange PG sich in der nöthigen Weise ausziehen lässt. Dennoch erscheint diese Anordnung empfehlenswerther in einem dauernden spectroscopischen Observatorium oder Laboratorium, wo man den Apparat so ein für alle Mal in einem

dunklen Zimmer fest aufstellen kann, als bei nur zeitweise ausgeführten Untersuchungen, wo der Raum beschränkt ist; ebenso ist sie zu schwerfällig, wenn es darauf ankommt, einen solchen Apparat in möglichst bequemer Weise auf der Reise mitzuführen.

Durch diese Umstände veranlasst, hat Capt. Abney die von Professor Rowland angegebene Anordnung abgeändert; eine genaue Beschreibung des von ihm empfohlenen Arrangements findet sich in seiner Abhandlung „Ueber das Sonnenspectrum von λ bis 7150 bis λ 10000." (Phil. Trans. Royal Society. Vol. 177. Part. II. 1886.)

Bei diesem Systeme befindet sich das Gitter *G* (Fig. 31) auf einer Laufschiene *A*, und zwar so, dass die Achse des Gitters längs der Mittellinie der Laufschiene liegt, welche in *P* auch die photographische Platte trägt, so dass die Entfernung *PG* gleich dem Krümmungsradius des Gitters ist, genau wie in Prof. Rowland's Anordnung. Um den Mittelpunkt *C*, welcher diesen Radius halbirt, ist eine zweite Laufschiene *B* drehbar und auf derselben ist im Punkte *S*, der von *C* dieselbe Entfernung wie *P* und *G* hat, abermals ein Zapfen angebracht, um welchen eine dritte Laufschiene *D* drehbar ist, welche den Spalt und sein Rohr *T* trägt. Der Spalt wird genau über den Punkt *S* gebracht und das Rohr *T* lässt sich auf diese Weise stets auf das in *G* befindliche Gitter richten, welchen Winkel auch die Schiene *B* gegen die Schiene *A* bildet: dabei sind, weil *S* sich auf dem Kreise bewegt, auf welchem auch das Gitter und die photographische Platte sich befinden, die Diffractions-Spectren stets im Focus und der Massstab des Spectrums ist unveränderlich. Zu bemerken ist, dass mit der Annäherung von *S* an *G* das Rohr *T* verkürzt werden muss.

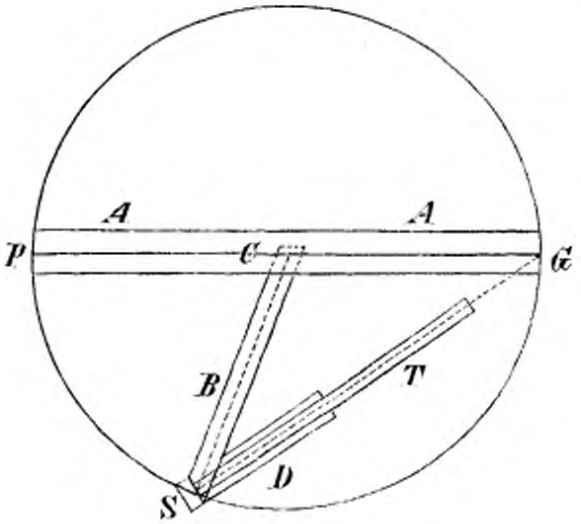


Fig. 31.

Dies System zeigt sich sehr brauchbar, aber es bietet doch auch Unbequemlichkeiten, denn es ist lästig, dass man die Richtung der Camera und des Spaltes bewegen muss. Daher versuchte der Verfasser dieser Abhandlung eine Anordnung herzustellen, welche ermöglicht, den Spalt stets in der Richtung des Lichtstrahles vom Heliostaten entlang der Linie *HSG* zu erhalten und den Punkt *G* nash jeder Bewegung der Camera wieder auf dieselbe Linie zurückbringen. Es gelingt dies

in folgender Weise: Während die Camera sich um einen im Punkte G (Fig. 32) befindlichen Zapfen bewegt, bewegt sich der mit dem Rohre T verbundene Spalt in einer längs der Linie SG befindlichen Spur stets in der Richtung des vom Heliostaten auf den Spalt geworfenen Lichtstrahles hin und her, während die photographische Platte sich auf dem Kreisbogen um das Centrum G und zugleich das Centrum C des ganzen Systemes sich auf einem entsprechenden Kreisbogen $C''\,C\,C'''$ bewegt. Im übrigen bleibt die Anordnung der Laufschienen A, B und D und der Zapfen C und S genau dieselbe, wie bei Capt. Abney's System.

Einige Einzelheiten über andere Anordnung des Apparates werden nicht ohne Interesse sein.

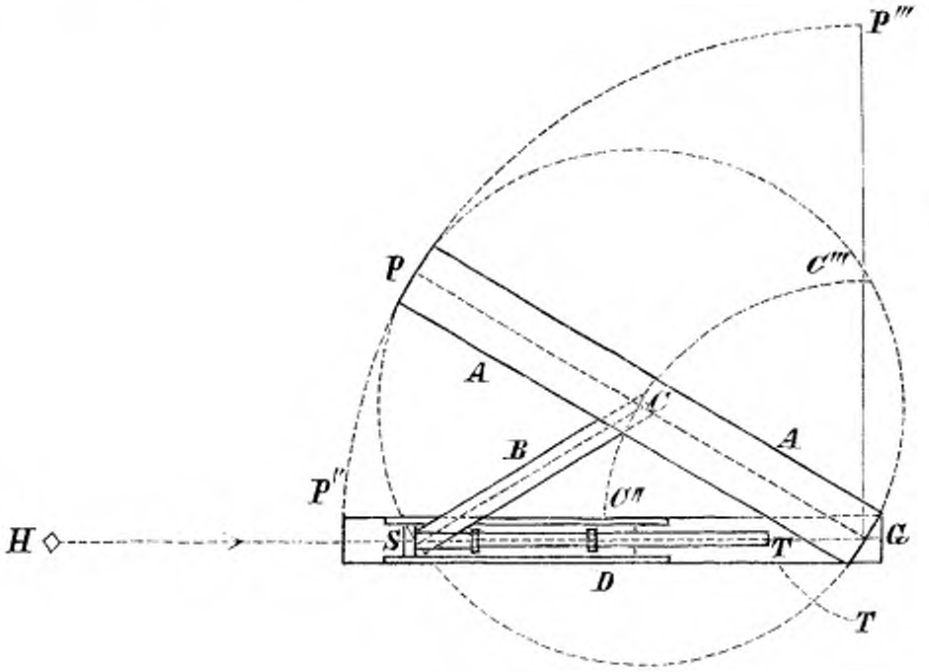


Fig. 32.

Bei P ist die Rückseite der Camera mit Ocularen versehen, welche dazu dienen, das Spectrum zu beobachten. Der Ocularträger ist so angebracht, dass er nach oben und unten, nach rechts und links beweglich ist, wodurch er vor jeden Theil des Spectrums an irgend einem Punkte innerhalb des Umfanges der photographischen Platte gebracht werden kann. Auf Veranlassung des Majors C. Straham Rc. liess der Verfasser dieser Abhandlung das Ocularrohr so um einen Zapfen drehbar herstellen, dass eine schräge Bewegung nach rechts oder links ermöglicht wurde, was sich sehr vortheilhaft für die Beobachtung der extremen Strahlen besonders bei Benutzung von Prismen-Spectroscopen erwies.

Ferner ist die Rückseite der Camera mit verschiebbaren Platten versehen, durch welche von der photographischen Platte alles andere Licht

als dasjenige ferngehalten wird, welches von dem durch Prismen oder durch das Gitter erzeugten Spectrum stammt. Ausserdem lässt sich die Bildbreite des Spectrums leicht so reguliren, dass mehrere Bilder auf derselben Platte erhalten werden; zu diesem Zwecke ist die Rückseite der Camera mit Vorrichtungen versehen, welche die dunklen Schieber aufwärts und abwärts zu bewegen gestatten.

Eine Seite der Camera besitzt eine etwa 2 bis 3 Zoll breite und 3 Fuss lange Oeffnung, um das mit dem Spalt verbundene Rohr T einführen und auf die Mitte des Gitters richten zu können; die Oeffnung wird durch eine verschiebbare Klappe und dunkle Tücher geschlossen, welche das Eindringen jeglichen Lichtes verhindern. Es könnte angebracht erscheinen, in diese Oeffnung ein um G drehbares Rohr einzufügen, in welches das Rohr T eingeführt werden könnte. Das Rohr T muss so hergestellt sein, dass es beliebig verlängert oder verkürzt werden kann.

Wichtig ist es, dass das Gitter richtig adjustirt ist, so dass die Achse der Camera genau rechtwinklig durch den Mittelpunkt des Gitters und der photographischen Platte geht. Der Zapfen G muss genau unter dem Mittelpunkte des Gitters angebracht sein.

Der Arm, welcher das Spaltrohr trägt, läuft in einer Nute auf einer Laufschiene, welche mittels eines Zapfens mit der Laufschiene A verbunden ist, welche bei G die Camera trägt; der Spalt muss immer senkrecht über dem Punkte S bleiben, in welchem der am Centrum C angreifende Arm B den Zapfen trägt.

Da der Spalt sich immer längs der Linie SG bewegt, kann man Massstäbe von Wellenlängen der verschiedenen Spectren längs dieser Linie in der von Prof. Rowland vorgeschlagenen Weise anbringen und so leicht herausbringen, wo die Camera für jeden Theil des Spectrums aufgestellt werden muss.

Wo es jedoch der Raum erlaubt, ist es empfehlenswerther, diese Massstäbe längs des Bogens anzubringen, welchen das Ende der Camera, welches die photographische Platte trägt, beschreibt.

Das Rohr T ist combinirt mit einer Schrauben-Adjustirung, welche gestattet, sie höher oder niedriger zu bringen, so dass das Rohr auf die Höhe des Gitter-Mittelpunktes und der Achse der Camera gebracht werden kann. Ein vorn angebrachtes Schienenwerk ermöglicht es, den Spalt herumzudrehen, so dass derselbe genau den Linien des Gitters parallel gestellt werden kann. Dies ist, wie Capt. Abney behauptet, sehr wichtig, um scharfe Bilder zu erhalten.

Ein Hook'sches Scharnier mit einer langen Handhabe ermöglicht es dem Beobachter, diese Adjustirung bei jeder Stellung der Camera

auszuführen. Wo es der Raum gestattet thut man gut, den ganzen Apparat auf einem langen festen Tische aufzustellen, wobei man jedoch die Laufschiene, welche das Spaltrohr trägt, herunterklappen muss; sonst kann man das letztere auch auf einem langen schmalen Tische befestigen, während die Laufschiene, welche die Camera trägt, um den Zapfen G sich dreht und bei P mit einer passenden Stütze versehen wird, so dass die ganze Einrichtung beim Aussergebrauchstellen so zusammengelegt werden kann, dass sie verhältnissmässig wenig Raum einnimmt.

Die Vollkommenheit der photographischen Aufnahmen von Spectren, welche man mit den concaven Gittern erhält, übertrifft bei weitem diejenige der Aufnahmen mittels der Prismen-Spectroscope, besonders gegen das weniger gebrochene Ende des Spectrums hin. Ausserdem bietet die Anwendung der von Prof. Rowland vorgeschlagenen Methode, bei welcher die photographische Platte zum Gitter senkrecht steht, den Vortheil, dass das ganze Spectrum auf einmal im Focus ist und man nicht nöthig hat, für das Minimum der Ablenkung oder für Focus-Unterschiede zwischen Strahlen verschiedener Brechbarkeit zu adjustiren. Jedoch lassen sich jedes Mal nur kleine Theile des Spectrums aufnehmen, wegen der Krümmung des Feldes, wenn nicht auch die photographischen Platten gekrümmt sind.

I) Anwendung der Spectralphotographie.

Die Spectralphotographie ist nicht nur ein unersetzliches Hilfsmittel zur Untersuchung der Farbenempfindlichkeit lichtempfindlicher Substanzen, sondern sie ist auch ein höchst wichtiges Hilfsmittel der Spectralanalyse selbst.

Es ist bemerkenswerth, dass die Photographie nicht nur das ganze sichtbare Spectrum, sondern auch das unsichtbare Infraroth, sowie Ultraviolett abzubilden gestattet. Dadurch werden nicht nur sehr grosse Bezirke des Spectrums der Beobachtung zugänglich gemacht, sondern auch durch genügend lange Belichtungszeit getreue Bilder von sehr schwachen Linien erhalten, deren directe Ausmessung sehr schwierig und unsicher wäre. Dadurch ist es auch möglich, dass mittels der Photographie eine grosse Anzahl schwacher Linien neu entdeckt und der Ausmessung zugänglich gemacht wurden, welche zufolge ihrer geringen Helligkeit sich der Beobachtung entzogen hatten.

Messungen über Ortsbestimmungen an spectrographischen Glasbildern (Bromsilbergelatine-Emulsion) bieten eine völlig zufriedenstellende Genauigkeit; die Stabilität der Schichte ist so gross, dass der Betrag der Verziehung jedenfalls unter $^1/_{6000}$ liegt und die Wellenlänge sich auf fünf Stellen genau bestimmen lässt (Eder, Sitzungsberichte d. Wiener Akad. d. Wissensch. 1886. II, S. 94). Hasselberg prüfte die spectrographischen Messungen in der Gruppe der Sonnenlinien bei $\lambda = 4653{,}70$ und erhielt innerhalb der Grenzen der möglichen Genauigkeit vollkommen zufriedenstellende Resultate (Annal. d Physik u. Chemie. 1886. Bd. XXVII, S. 416). Copien von Spectralphotographien auf Papier sind zu Messungen unbrauchbar, da sich Papier unregelmässig ausdehnt.

Das Sonnenspectrum wurde mittels des Concavgitters von Rowland photographirt, welcher einen Atlas desselben veröffentlicht; derselbe gestattet, zwischen den Wellenlängen 570 und 320 Mill. Millimeter Wellenlänge, die Wellenlänge jeder Fraunhoferschen Linie bis auf 0,005 Mill. Millimeter sicher abzulesen Abney u. A. photographirte den rothen und infrarothen Theil des Sonnenspectrums und Hartley die Funkenspectra verschiedener Metalle. Kayser und Runge photographirten Normalspectren der Elemente (des Eisens etc.) mit einem Concavgitter, wo z. B. mittels Eisenelektroden ein elektrisches Bogenlicht erzeugt wurde.

Für lichtschwache Spectren eignet sich das Diffractionsgitter wegen seiner geringeren Helligkeit weniger gut. Die Spectren von Gasen in Geissler'schen Röhren oder die Funkenspectren von Metallen mittels Ruhmkorff'schen Funkengebers werden zumeist mit Quarzprismen photographirt, obschon sich auch mittels Concavgitters ausgezeichnete Resultate erzielen lassen, wenn man die Helligkeit der Geissler'schen Röhren möglichst steigert.

H. W. Vogel photographirte das Spectrum des Wasserstoffs und Sauerstoffs in Geissler'schen Röhren, Hasselberg das des Stickstoffs, sowie das Absorptionsspectrum von Joddämpfen etc. Mit der Photographie des Wasserstoffspectrums, sowohl mit Quarz- als Diffractionsspectrographen erzielt V. Schumann die hervorragendsten Resultate. Das Spectrum der nichtleuchtenden Flamme des Bunsen'schen Gasbrenners (sogenanntes Swan'sches Spectrum) wurde zuerst von J. M. Eder photographirt, und sieben neue Linien entdeckt, welche bei directer Beobachtung dem Auge unsichtbar sind.

Cornu, sowie Huntington und Hartley u. A. photographirten seit 1879 die Funkenspectren der Metalle von Blaugrün bis zum äussersten Ultraviolett, und Hartley stellte auch Photographien der durch den elektrischen Funken zerstäubten Lösungen verschiedener Salze her und gab die Methoden an, mittels der Spectralphotographie Analysen von Mineralien oder Legirungen zu machen.

Hartley benutzte die Spectralphotographie auch zur quantitativen Spectralanalyse; er fand, dass die Lösungen von Metallsalzen, womit die Elektroden von Funkenapparaten befeuchtet sind, Funken geben, welche im ultravioletten Spectrum umso weniger charakteristische Linien zeigen, je verdünnter sie sind und dass das Verhältniss vollkommen constant ist.

Bei der verlängerten Exposition mit dem Funkenspectrum werden oft kleine Verunreinigungen bemerkbar, welche bei der Beobachtung sonst entgehen; z. B. werden bei längerer Belichtung Eisenlinien im anscheinend reinen Aluminium sichtbar.

Von grosser Wichtigkeit ist die Anwendung der Photographie zur Kenntniss der Absorption organischer Substanzen für Ultraviolett. Die ultravioletten Strahlen sind sehr empfindlich für die Wirkung der Kohlenstoffverbindungen, so dass die photographischen Absorptionsspectren zur Identificirung von organischen Substanzen benutzt werden und als sehr empfindliche Probe für die Reinheit gewisser Substanzen dienen können. Die Curve, welche man erhält durch Coordinirung der Grösse der Verdünnung des zu prüfenden Körpers mit der Position (Wellenlänge) der absorbirten Strahlen, bildet eine scharf markirte und höchst charakteristische Eigenschaft der Verbindungen.

Hartley theilt die organischen Substanzen in drei Classen:

1. Solche, welche ein continuirliches Spectrum durchlassen und wenig Ultraviolett absorbiren, z. B. die Alkohole der Fettsäurereihe, sowie die entsprechenden

Säuren etc. Bei Alkoholen und Säuren mit steigendem Kohlenstoffgehalt nimmt das Absorptionsvermögen zu.

2. Solche, wenn ein continuirliches Spectrum durchlassen, aber grosse absorbirende Kraft für Ultraviolett besitzen, z. B. die ätherischen Oele, Terpene, Kampfer etc. Isomere Terpene geben Spectra, welche im Allgemeinen entweder in der Länge oder dem Grade der Absorption von einander verschieden sind.

3. Solche, welche Absorptionsbänder zeigen. Diese Classe schliesst ein: Benzol, Naphthalin, Anthracen und alle Derivate, ferner alle natürlichen Alkaloïde und ihre Derivate und zahlreiche organische Substanzen, welche Stickstoff und Sauerstoff enthalten. Alle diese Substanzen enthalten den sogenannten Benzolring.

Von Interesse ist das Verhalten der Alkaloïde; manche derselben sind höchst giftig und geben keine scharfe chemische Reaction, mittels welcher sie entdeckt werden können. Dagegen ist ihr Verhalten gegen das Spectrum oft charakteristisch, wenn man ihr Absorptionsspectrum mit Quarzapparaten photographirt, und man hat dadurch ein Hilfsmittel zur Controle der Reinheit und zur Erkennung der Alkaloïde; z. B. ist die Differenz im Charakter des Absorptionsspectrums im Ultraviolett bei verschiedenen Sorten von Aconitin bemerkenswerth. Solche, welche bestimmte physiologische Wirksamkeit haben, zeigten auch bestimmte Absorptionscurven. Ebenso lassen sich die Chinalalkaloïde nach Absorptionscurven theilen; Codeïn und Morphin zeigen sowohl in ihrer chemischen Constitution, als auch dementsprechend in ihrer Absorption Aehnlichkeit. [Vergl. weiter unten über die Absorption von Licht in farbigen und farblosen Medien.]

K) Wirkung der farbigen Strahlen auf Silbersalze.

Die meisten Silbersalze, selbst diejenigen, welche gefärbt sind, schwärzen sich im Lichte.

Die empfindlichen Schichten werden, wenn die zu prüfenden Silbersalze unlöslich sind, durch doppelte Zersetzung in der Textur des Papiers dargestellt; sind sie dagegen löslich, so taucht man das Papier in ihre wässerige oder alkalische Lösung. Im Allgemeinen ist im erstern Falle die Schwärzung eine viel intensivere, wenn das lösliche Silbersalz, z. B. das Silbernitrat, im Ueberschusse vorhanden ist.

Die Wirkung des Spectrums auf Silbersalze erstreckt sich vom Blauen abwärts bis weit über das sichtbare Spectrum hinaus, das Maximum der Intensität liegt aber fast immer im Indigo und Violetten. Die Grenze der Wirkung des Spectrums ist sowohl von der Natur des Prismas, als der Durchsichtigkeit der Atmosphäre abhängig; bei Prismen von Quarz oder isländischem Spath reicht sie viel weiter, als bei Prismen aus Glas (s. o).

L) Papier mit Silbernitrat getränkt

ist weniger empfindlich als Chlorsilberpapier. Es hat die grösste Empfindlichkeit für Blauviolett und schwärzt sich im Ultraviolett, Violett, Blau bis Grün, wie die Curve 1 in Fig. 36 anzeigt.

M) Das Jodsilber verhält sich gegen das Sonnenspectrum je nach den Versuchsbedingungen:

1. Jodsilber bei directer Schwärzung, ohne Hervorrufen.

a) Auf Jodsilberplatten (Daguerreotypie[1]). Das Maximum der Wirkung liegt im Violetten und erstreckt sich nach der einen Seite bis ins Blaue, nach der andern weit über die sichtbaren Strahlen hinaus. Im äussersten Roth zeigt sich fast keine Wirkung, im Orange, Gelb und Grün gar keine.

b) Directe Schwärzung auf Papier, durch doppelte Zersetzung zwischen Jodkalium und Silbernitrat bereitet. Das Maximum der Intensität wechselt je nach der Concentration des überschüssigen Silbernitrats (R. Hunt), findet sich aber entweder im äussersten Violett (R. Hunt) oder sogar darüber hinaus (Herschel). Die Wirkung erstreckt sich mitunter bis unter die grünen Strahlen[2]). In den andern farbigen Strahlen zeigt sich keine Wirkung, ausgenommen im äussersten Roth, wo sie indessen kaum sichtbar ist (Herschel).

Curve 2 in Fig. 36 zeigt die Wirkung des Sonnenspectrums auf solches Papier nach langer Belichtung im Glasspectrographen (Eder).

Wenn das überschüssige Silbernitrat durch wiederholte Waschungen entfernt wurde, verliert das Jodsilber die Eigenschaft, sich im Lichte zu schwärzen, obwohl im Blau und Violett noch eine leichte Farbenänderung stattfindet.

2. Jodsilber bei sehr kurzer Belichtung und Hervorrufen.

a) Mit Quecksilber auf Daguerreotypplatten[3]). Im äussersten Roth sehr geringe Wirkung, die sich durch rosige Färbung bekundet; im Orange eine kaum sichtbare Linie; im Gelb keine Wirkung, im Grünen eine kaum wahrnehmbare, dagegen im Blau, Indigo, Violett und dem äussersten Spectrum höchst energische Einwirkung (Draper, 1842; Hunt, Herschel 1843); das Maximum der Wirkung liegt zwischen *G* und *H* im Violett (Becquerel[4]).

b) Mit Pyrogallussäure oder Eisenvitriol auf Collodion. Im Roth keine oder fast gar keine Wirkung; im Orange, Gelb und Grün auch bei längerer Belichtung keine Veränderung, während das Blau und die darüber hinaus liegenden Strahlen sehr energisch wirken. Wenn die Belichtung länger fortgesetzt wird, als für die blauen und violetten Strahlen ausreicht, solarisiren sich diese, obwohl Gelb, Orange

1) Hunt, Researches on Light. 1854. S. 81.
2) Philosophical Magazine. 1840. Hunt, Researches on Light. 1855. S. 115.
3) Hunt, Researches on Light. 1855. S. 117.
4) Becquerel, La lumière. 1868. Bd. 2.

und Grün noch keine Wirkung zeigen. Das Maximum der Wirkung liegt im Indigo und im Anfange des Violett (Crookes[1]).

J. Müller[2]) beobachtete 1856 auf Jodsilbercollodion eine Wirkung von *Q* im Ultraviolett bis etwas über *G*; ähnliches fand Eisenlohr 1856 bei seinen Experimenten mit dem Beugungsspectrum[3]). Nach Becquerel[4]) beginnt auf nassen Jodsilber-Collodionplatten mit Eisen- oder Pyrogallus-Entwickelung die Wirkung des Spectrums bei *G*, beiläufig bei $^1/_3$ von der Distanz bis *H* und dehnt sich bis *P* im Ultraviolett und bis über *G* nahe zu *E* im Grün aus; ähnliches fand Schultz-Sellack[5]). Vogel[6]) fand auf trockenem Jodsilbercollodion den Beginn der Wirkung bei *H''*, das Maximum bei *G* bis auf etwa $^2/_3$ der Entfernung *FG* und bis ins Gelb oder Roth eine schwache Wirkung; Jodsilber unter einer Silbernitrat-Schicht (nasses Collodion-Verfahren) zeigte eine weiter gehende Empfindlichkeit für Ultraviolett und das kräftige Maximum nahe bei *G* (etwas gegen *F*); Jodsilber unter Wasser steht in der Mitte zwischen beiden; in allen drei Fällen wurde sauer mit Eisenvitriol und Silbernitrat entwickelt. Nach Monckhoven[7]) liegt das Maximum der Wirkung genau zwischen der dritten Wasserstofflinie ($H\gamma$) und *G*; bei verlängerter Einwirkung des Spectrums reicht der Effect von *U* bis *D*. Bei sehr langer Exposition solarisirt das Jodsilber im Violett und das Maximum der Wirkung rückt bis *E* im Grün vor.

Curve 3 in Fig. 36 zeigt die Wirkung des Sonnenspectrums auf Jodcollodion (nasses Verfahren mit Silberbad) und Eisenvitriolhervorrufung (Eder).

Jodsilber in Gelatine emulsificirt gibt eine Emulsion, welche mit alkalischem Pyrogallol-Entwickler wenig empfindlich ist und sehr dünne Bilder gibt. Bei langer Belichtung erhält man im Sonnenspectrum ein schwaches Bild in der Nähe der Fraunhofer'schen Linie *G*, gegen *F*. Curve 4 in Fig. 36 zeigt (nach Eder) den Verlauf dieser Wirkung.

3. Bei vorhergehender Belichtung und nachfolgendem Auftragen einer alkalischen Jodverbindung.

Herschel, Talbot, R. Hunt, Fyfe, Lassaigne und Poitevin haben gefunden, dass ein mehr oder weniger belichtetes Jodsilberpapier.

1) Poggend. Ann. Bd. 97, S. 616. (1856). Journ. London. Phot. Soc. 1853. I, S. 98.
2) Poggend Ann. Bd. 97, S. 135.
3) Ibid. Bd. 99, S. 159.
4) La lumière. 1868. Bd. 2, S. 86.
5) Berichte deutsch. chem. Ges. Bd. 4, S. 210.
6) Pogg. Ann. Bd. 153, S. 223.
7) Traité général de Photogr. 1880. S. 21.

welches dann mit Jodkalium überzogen wurde, sich im Lichte umgekehrt verhält, d. h. weiss wird und also positive Bilder gibt, und zwar sowohl bei einer langdauernden Belichtung, als bei einer sehr kurzen mit nachfolgendem Hervorrufen.

Im Sonnenspectrum zeigt sich ebenfalls eine höchst eigenthümliche, aber sehr verwickelte Wirkung, indem das Licht auf das Jodkalium wirkt, Jod frei macht, und das Silberjodür dadurch bleicht.

Wenn man vom mittleren Gelb ausgeht, so zeigen sich zwei entgegengesetzte Wirkungen. Zuerst wird das Papier weiss vom äussersten Violett an, aber nicht gleichmässig auf diesem ganzen Raume; zweitens wird es schwarz vom Roth bis zum Gelb, aber ebenfalls nicht gleichmässig. Uebrigens ist diese Wirkung, je nach der Bereitung des Papiers, eine verschiedene. [Herschel[1]), Hunt[2]), Becquerel[3])].

N) Wirkung auf Bromsilber.

1. Directe Schwärzung.

Wenn dieses Salz auch nur mit wenig überschüssigem Silbernitrat zusammen ist, schwärzt es sich sehr rasch.

Im Sonnenspectrum beginnt die Schwärzung sofort und erstrekt sich über das ganze sichtbare Spectrum und sogar über die rothen Strahlen hinaus. Das Maximum der Wirkung liegt in der Nähe der Fraunhofer'schen Linie *G* (Sir John Herschel). Bromsilberpapier (durch Baden von Papier in Bromkaliumlösung und Silber im Silberbade) mit überschüssigem Silbernitrat exponirt schwärzt sich am raschesten zwischen *G* und *F* wie Curve 4 in Fig. 36 angibt (Eder). Aehnlich ist die schwärzende Wirkung auf Bromsilbergelatine (mit überschüssigem KBr präparirt), welche analog dem Maximum der Wirkung beim Hervorrufen ist[4]).

2. Mit Hervorrufen.

a) Daguerreotypplatten mit Brom dargestellt sind weiter ins Grüne empfindlich, als Jodsilberplatten, weshalb Herschel schon 1840 und 1842 diese Anwendung empfahl und sagte: „Es muss eine neue Photographie geschaffen werden, in welcher Brom die Grundlage bildet“ [5]).

b) Bromsilber auf Collodion mit saurer Pyrogallus- oder Eisenvitriol-Entwickelung. Crookes beobachtete eine Wirkung von

1) Philos. Transactions. 1840—1842. (On the Action of the Rays of the Solar-spectrum.) London, Ed. and Dublin. Philos. J. 1843.

2) Researches on Light. 1854. S. 95.

3) Becquerel, La lumière. 1868.

4) Becquerel, Phot. News. 1874. S. 508 aus Comptes rendus.

5) Philos. Transact., Dingler's Journ. Bd. 133, S. 430.

E und *F* bis zum Violett nach *H.* Schultz-Sellack fand nasse Bromsilbercollodionplatten bis zu *F* im Blau empfindlich; Becquerel dagegen bis zur Linie *E.* — H. W. Vogel fand [1]), dass selbst bei der relativ kurzen Exposition von 7 Minuten auf trockenem Bromsilber die Empfindlichkeit bis *D*, ja bei längerer Exposition bis *a* im Roth reicht; dass ferner Bromsilber unter Silbernitratlösung exponirt empfindlicher für Blau, dagegen weniger empfindlich für Roth und Gelb wird.

c) Auf Bromsilber-Emulsion mit alkalischer Pyrogallol-Entwickelung. In dieser Form ist das Bromsilber empfindlicher für die weniger brechbaren Strahlen, als in der vorigen. Bromsilbercollodion verhält sich nach Vogel [2]) verschieden von Bromsilbergelatine. Ersteres ist für Indigo in der Region um *G* (Fraunhofer) am empfindlichsten (Wellenlänge 430), letztere im Hellblau (Wellenlänge 450), wo Bromsilbercollodion nur noch eine geringe Empfindlichkeit zeigt.

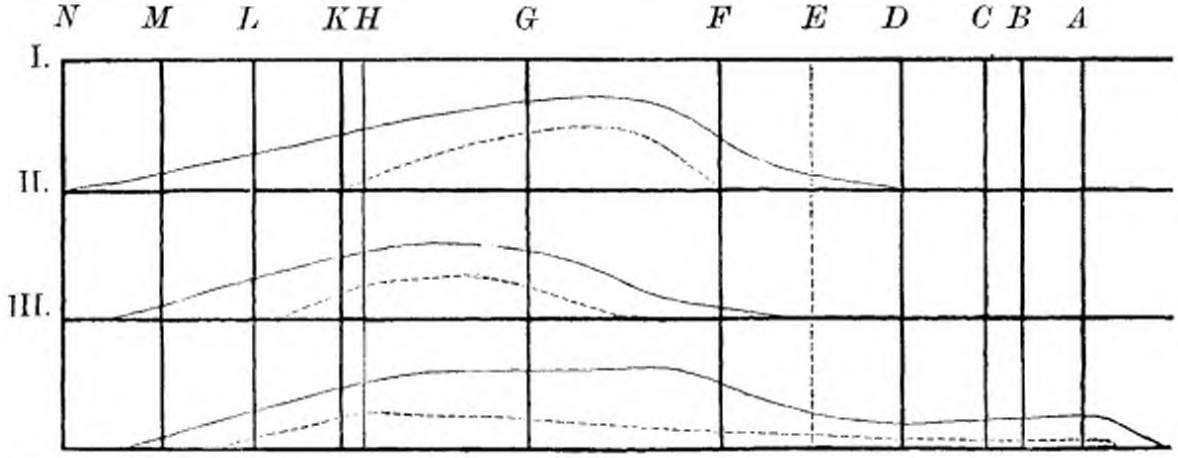


Fig. 33. Wirkung des Sonnenspectrums auf I. Bromsilbergelatine. — II. Gewöhnliches Bromsilbercollodion. — III. Rothempfindliches Bromsilbercollodion.

Eder bestätigte diese Angaben H. W. Vogel's (s. Bd. II dieses Handbuches, S. 224), und nach den Spectrumphotographien, die jener erhielt, lässt sich die Wirkung des Sonnenspectrums auf Bromsilbergelatine durch die Curve I in Fig. 33 darstellen (Maximum der Wirkung in Hellblau zwischen der Fraunhofer'schen Linie *G* und *F*), während Bromsilbercollodion die grösste Empfindlichkeit zwischen *H* und *G* im Indigoblau besitzt (Curve II in Fig. 33).

Abney entdeckte eine besondere Form der Bromsilbercollodion-Emulsion, bei welcher im Gegensatze zur gewöhnlichen Collodion-Emulsion die Partikelchen sehr gross sind und Schichten, welche in der Durchschicht blau erscheinen, erhalten werden; dieselbe ist besonders empfindlich für Roth, ja für Ultraroth. Man erhält diese Art durch

1) Pogg. Annal. Bd. 153, S. 220.

2) Ber. deutsch. chem. Ges. 1881. Bd. 14, S. 1024.

Kochen von Bromsilbercollodion, wobei die Farbe des Bromsilbers in eine grünliche übergeht. Die Wirkung des Sonnenspectrums ist in Curve III, Fig. 33 wiedergegeben.

Auch die Bromsilbergelatine (mit Eisenoxalat- oder alkalischem Pyrogallol-Entwickler etc.) zeigt ein verschiedenes Verhalten, je nachdem es die lichtempfindlichere oder weniger empfindliche Modification des Bromsilbers enthält (Eder[1]). Bekanntlich enthält frisch gemischte Bromsilbergelatine wenig empfindliches Bromsilber, welches in dünner

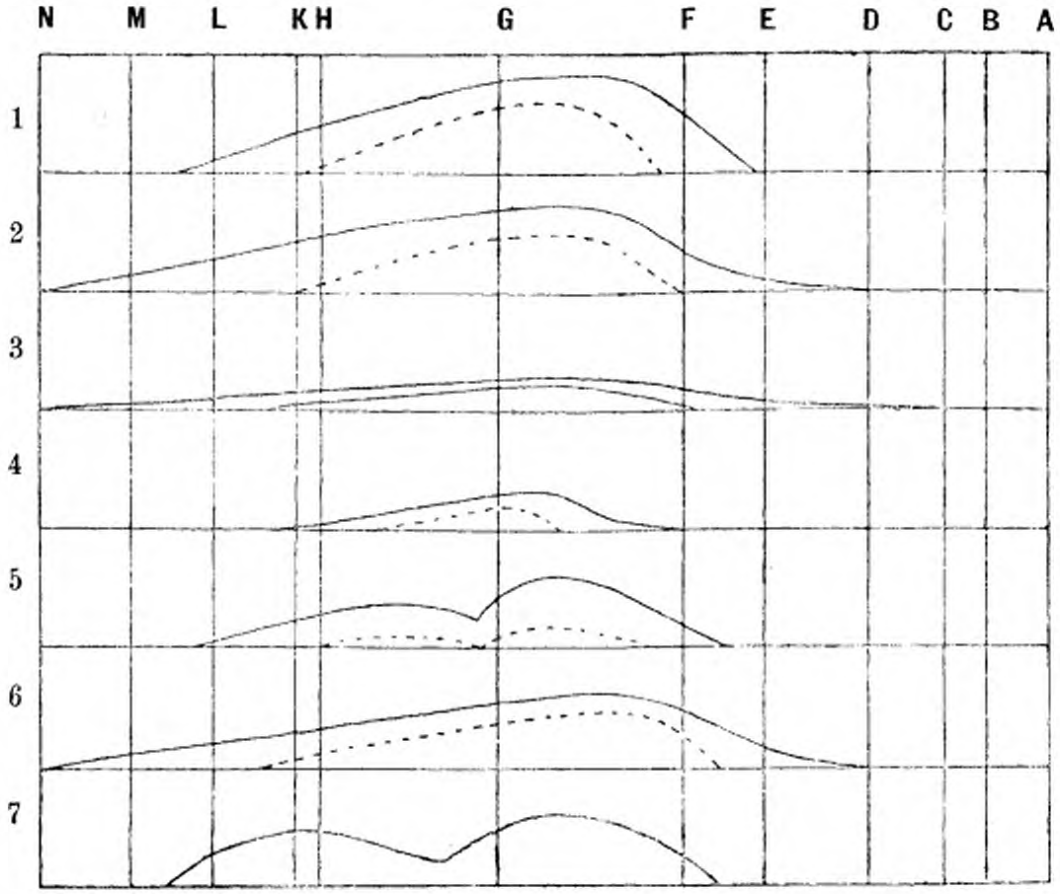


Fig. 34.

1 bis 3 Spectrumbild auf verschiedenen Modificationen des Bromsilbers. — 4 auf Jodsilber-Gelatine. — 5 auf gemischter Jodsilber-Gelatine und Bromsilber-Gelatine. — 6 auf zusammendigerirtem Jodbromsilber. — 7 auf gemischtem Jodsilber und Chlorsilber-Gelatine.

Schicht in der Durchsicht roth erscheint und „feinzertheiltes pulveriges Bromsilber" enthält. Mit dieser Emulsion überzogene Platten zeigen nach kurzer Belichtung eine Wirkung von Ultraviolett bis Blaugrün (nahe der Fraunhofer'schen Linie *F*) mit dem Maximum der Wirkung von $G\ ^1/_3\ F$[2]). Bei längerer Belichtung schreitet die Wirkung beiderseits sowohl gegen Ultraviolett bis gegen Grün vor. Die Curve 1,

1) S. dieses „Handbuch", III. Band, Photographie mit Bromsilbergelatine. (4. Aufl.) — Zuerst publicirt in den Sitzber. d. kais. Akad. d. Wissensch. Wien. II. Abth. 1884.

2) d. h. ein Drittel der Distanz von *G* nach *F*.

Fig. 34 zeigt ein Bild von den Intensitätsverhältnissen der Wirkung bezogen auf die Fraunhofer'sche Linie (die punktirte Linie gibt die Schwärzung der Bromsilberschicht nach kurzer, die voll ausgezogene nach langer Belichtung). Digerirt man die Emulsion mit Ammoniak, so wird die Emulsion nicht nur im Allgemeinen lichtempfindlicher, sondern es rückt die Empfindlichkeit beiderseits gegen Ultraviolett und gegen Grün im Spectrum vor; das Maximum der Empfindlichkeit geht etwas (unbedeutend) weiter gegen F' (Curve 2 in Fig. 34) gleichzeitig entsteht die „feinzertheilte körnige Modification" des Bromsilbers, das Korn des Bromsilbers vergrössert sich und die Emulsion lässt in dünner Schicht blaues Licht durch. Nach sehr langer Digestion wird die Empfindlichkeit des Bromsilbers wesentlich gesteigert; die so erhaltenen extrarapiden Platten zeigen im Spectrographen kein so deutliches Maximum und die Curve der Spectralwirkung verflieht sich und erstreckt sich weiter gegen das weniger brechbare Ende des Spectrums (Curve 3 in Fig. 34). [Eder a. a. O.]

3. Photographie der infrarothen Strahlen auf Bromsilberplatten.

Um die infrarothen Strahlen zu photographiren stellt Abney[1]) seine Collodionemulsion in folgender Weise her: Er löst 16 g Collodionwolle in 120 ccm Aether (spec. Gew. 0,725), 60 ccm Alkohol (spec. Gew. 0.820) und setzt zu 90 ccm dieses Collodions 28 g reines Zinkbromid gelöst in 15—30 ccm Alkohol und 3,75 g Salpetersäure. $43\frac{1}{2}$ g Silbernitrat werden hierauf in möglichst wenig heissem Wasser gelöst und 30 ccm kochenden Alkohols zugesetzt. Diese Lösung wird allmählich zu dem bromirten Collodion unter Umrühren zugesetzt. Die Collodionemulsion wird nun in einen Glaskolben gebracht, die Lösungsmittel in einem Wasserbade abdestillirt, wobei man aufhört, sobald alle festen Theile sich am Boden abgesetzt haben. Die übrigbleibende Flüssigkeit wird nun abgezogen und die Flasche mit Wasser gefüllt. Nach $\frac{1}{4}$ Stunde wird der Inhalt der Flasche auf ein Leinwandfilter gebracht, ausgepresst und ausgewaschen. Der feste Rückstand wird hierauf in Alkohol von 0,820 spec. Gew. gebracht, um das Wasser zu entfernen, der Alkohol dann ausgerungen und endlich der Rückstand in eine Flasche gebracht und mit 60 ccm Aether (spec. Gew. 0,720) und 60 ccm Alkohol (spec. Gew. 0,805) übergossen. Mit dieser Lösung wird die Glasplatte bedeckt,

1) Phil. Transact 1880. II, 653. Beibl. Ann. Phys. Chem. 1881. 807; daselbst findet sich Näheres über den angewandten Spectralapparat, sowie Phot. News. 1878. Seite 302.

dann gewaschen, in eine verdünnte Lösung von Salzsäure gebracht, gewaschen und hierauf getrocknet.

Zum Entwickeln dient der Eisenoxalat-Entwickler.

Vermindert man die Menge der Salpetersäure auf $^1/_4$, so erhält man bei sehr kaltem Wetter Platten, die für Wärmestrahlen von siedendem Wasser oder Quecksilber empfindlich sind.

Abney fand die Exposition, die bei der Linie *A* nothwendig ist, etwa 25mal so gross, als die für *G* erforderliche in ganz hellem Sonnenlicht um Mittag, und für das Infraroth würde sie 35mal so gross sein.

Es muss hier noch erwähnt werden, dass Draper schon 1842 das infrarothe Spectrum photographirte und 1843 im Philos. Magaz. publicirte (die drei Banden α, β, γ). Weiter hatte er es nicht treiben können, da die Glasmasse des Prismas zu stark absorbirend auf die weniger brechbaren Strahlen wirkt.

Auch auf Bromsilbergelatine, welche mit Ammoniak reichlich digerirt und hochempfindlich ist, wirkt das Infraroth stark ein; es empfiehlt sich jedoch ein Abdämpfen des übrigen Spectrums und Anwendung sehr heller Lichtquellen.

Abney photographirte verschiedene Spectren im Infraroth, z. B. fand er infrarothe Linien bei Natrium und Calcium (Proceed Royal Soc. London. Bd. 32, S. 443. Jahresber. f. Chemie. 1881. S. 121); ferner studirten Abney und Festing die Absorptionsspectren verschiedener organischer Substanzen im Infraroth und fanden, dass jedes Radical seine eigene bestimmte Absorption in Infraroth besitzt und dadurch in einem zusammengesetzten Körper entdeckt werden kann (Proceed. Royal Soc. London. Bd. 31, S. 416. Jahresber. f. Chemie. 1881. S. 127 und 129). — [Vergl. ferner Bull. Assoc. Belge de Phot. 1883. S. 65. Phot. News 1882. S. 691. Phot. Wochenbl. 1882. Seite 691.]

O) Wirkung auf Chlorsilber.

1. Directe Schwärzung.

Die Wirkung des Spectrums auf weisses Chlorsilber richtet sich nach der Natur des zur Bereitung verwendeten Chlorsalzes und nach der Concentration des überschüssigen Silbernitrats (R. Hunt).

Bei reinem Chlorsilber liegt das Maximum der Wirkung im Blau und erstreckt sich weit über das Violett hinaus, aber im Roth, Orange, Gelb und Grün zeigt sich gar keine Wirkung.

Chlorsilberpapier mit überschüssigem Silbernitrat schwärzt sich nach Becquerel zuerst zwischen *H* und *G*, dann von Blau bis nach *F*, dann im Ultraviolett [1]).

1) Abney, News. 1874. S. 287.

Benutzt man einen Glasspectrographen mit sehr durchlässigen Glassorten, so liegt das Maximum der Lichtwirkung gegen *H* und bei Anwendung von Quarzkörpern sogar im Ultraviolett jenseits *K*. Die punktirte Curve 5 in Fig. 36 zeigt die Wirkung des Sonnenspectrums auf Chlorsilberpapier mit überschüssigem Silbernitrat (Schwärzung ohne Anwendung eines Entwicklers); bei sehr langer Belichtung erstreckt sich die Wirkung (allerdings schwach) bis ins Gelb und Orange. Enthält das Chlorsilberpapier nebst überschüssigem Silbernitrat noch Silbercitrat (wie bei der Chlorocitrat-Emulsion in dem Aristopapier[1]), so erstreckt sich die starke Wirkung weiter gegen *E* ins Grüne (Eder). Beim gewöhnlichen Copirprocess auf Chlorsilberpapier ist das Ultraviolett, Violett und Blau besonders wirksam; bei Albuminpapier und Aristopapier[2]) kommt eine stärkere Wirkung in Blau und Blaugrün in Betracht und das Maximum der Wirkung des Spectrums liegt mehr gegen die Fraunhofer'sche Linie *F*.

Ist aber das Chlorsilber vorher kurze Zeit dem Lichte ausgesetzt gewesen, oder war das Spectrum nicht völlig rein, so fangen nach Verlauf einer ziemlich langen Zeit sogar die weniger brechbaren Strahlen bis zum äussersten Roth zu wirken an, wie die Versuche von Seebeck, Herschel, Poitevin, Becquerel, Zenker zeigen[3]). Auf solchem vorher belichteten Papier finden sich zwei Maxima der Lichtwirkung, eines zwischen *G* und *H*, das andere zwischen *D* und *E* (Becquerel).

Diese Erscheinung erklärt sich dadurch, dass das Chlorsilber im Lichte violett wird (Bildung von Silbersubchlorid oder Photochlorid) und dadurch die Fähigkeit erhalten hat, gelbes und gelbrothes Licht stärker zu absorbiren und fähig wird, Photographien in natürlichen Farben zu geben (s. S. 176).

Die Wirkung prismatischer Strahlen auf violettes Chlorsilber ist höchst merkwürdig. Man bereitet sich diese Chlorverbindung, indem man metallisches Silber mit Kupferchlorid behandelt oder einfach ein gewöhnliches Chlorsilberpapier im Lichte sich dunkler färben lässt. Ein so bereitetes Chlorsilber empfängt und behält den Eindruck der Farben, von denen es getroffen wird, wodurch das Spectrum in seinen natürlichen Farben reproducirt wird.

Diese Beobachtung machte zuerst Seebeck 1810 (s. Seite 39) und Herschel 1839 auf Chlorsilberpapier.

---

1) S. dieses „Handbuch", III. Band.

2) Das ist: Chlorsilber und Silbercitrat in Gelatine.

3) Zusammengestellt: Zenker, Photochromie, 1868, und Eder, Chemische Wirkungen des farbigen Lichtes. 1879.

Becquerel und Niepce erzielten bessere Erfolge, indem sie polirte Silberplatten verwendeten, die auf einige Augenblicke in eine Lösung von Kupferchlorid oder Chlorkalk getaucht waren, wodurch sie eine violette Färbung erhalten. Merkwürdig ist dabei, dass auf solche Platten das Spectrum im Orange und Roth am kräftigsten, also umgekehrt einwirkt wie auf weisses Chlorsilber. (Näheres s. Heliochromie.)

2. Mit Hervorrufen.

Chlorsilber auf Collodion (nasses Verfahren mit saurer Eisenvitriol-Entwickelung) zeigt eine Empfindlichkeit für das äusserste Violett bis zur Linie *G*. Trockenes Chlorsilber auf Collodion zeigt nach der Entwickelung eine Schwärzung von Violett bis ins Roth, bei sehr langer Belichtung sogar bis zur Linie *A*. Aehnliches gilt für alkalische Entwickelung von Chlorsilbercollodion (Schultz-Sellack, H. W. Vogel, Becquerel).

Chlorsilbergelatine-Emulsion, mit Ferrocitrat oder Eisenoxalat und viel Bromkalium hervorgerufen, hat das Maximum der Wirkung weiter

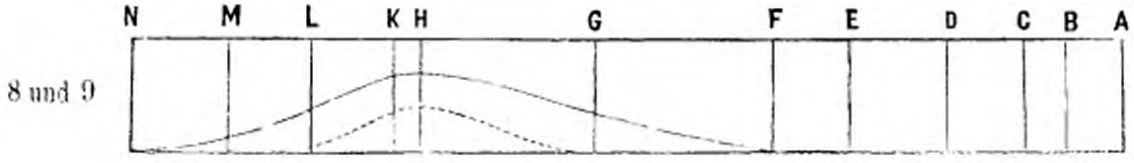


Fig. 35. Spectrumbild auf Chlorsilbergelatine.

gegen Ultraviolett zu als Jod- und Bromsilber. Fig. 35 zeigt die Curve der Spectralwirkung auf Chlorsilbergelatine im grossen Steinheil'schen Spectrographen. Das Maximum der Wirkung liegt an der Grenze des sichtbaren Violett und des Ultraviolett bei *K H* (ganz ähnlich der schwärzenden Wirkung des Spectrums ohne Hervorrufung, s. o.). Ueber den Einfluss der Glassorte des Prismas s. Seite 212 und 220. Bei Quarzkörpern liegt das Maximum der Wirkung etwas weiter gegen Ultraviolett über *K* hinaus.

Die Farbenempfindlichkeit der verschiedenartigen Chlorsilberemulsionen ist nicht gleich; so ist eine Emulsion aus Chlornatrium und Chlorammonium relativ empfindlicher für das rothe Ende des Spectrums, als eine aus Calcium-, Strontium- oder Cadmiumchlorid erzeugte. Die Empfindlichkeit der Chlorsilbergelatine gegen Roth und Gelb ist eine wesentlich geringere, als jene des Bromsilbers.

3. Gemenge von Chlor-, Brom- und Jodsilber.

Gemenge von Jod-, Brom- und Chlorsilber vereinigen im Allgemeinen die Wirkungen der einzelnen Verbindungen, so dass derartige

Gemenge häufig eine grössere Empfindlichkeit gegen die Spectralfarben aufweisen. Deshalb werden solche Gemenge mit Vorliebe in der Photographie verwendet.

Crookes beobachtete schon vor mehr als 30 Jahren zwei deutlich getrennte Wirkungen aus Jodbromcollodion (im nassen Collodionverfahren mit Eisenvitriolentwickelung), die jeder Substanz, dem Jod- oder Bromsilber, für sich zukommen, und nicht als eine einzige Wirkung aufzufassen sind, wie wenn die Mischung beider Körper eine chemische Verbindung wäre. Abney bestätigte dies.

Im nassen Collodionverfahren ist, wie Müller und Schultz-Sellack feststellten, Jodbromsilber weiter gegen Grün empfindlich, als Jodsilber allein, nämlich bis zu *E*; die Farbenempfindlichkeit ist bei dem Gemenge von Jodsilber und Bromsilber grösser, als bei jedem der einzelnen Salze. Nach H. W. Vogel ist Jodbromsilber auf Collodion unter Silbernitrat (nach dem gewöhnlichen nassen Collodionverfahren) bis zur Linie *D* empfindlich, mit dem Maximum der Empfindlichkeit jenseits der Linie *G*; unter denselben Umständen ist das an Jodsilber reichere Gemenge von Jod- und Bromsilber unter Silbernitratlösung mehr für Ultraviolett und Violett empfindlich. Das an Bromsilber reichere mehr für Hellblau und Grün; trockenes Jodbromsilber ist weniger ins Ultraviolett und weniger ins Gelb hinein empfindlich, als das unter Silberlösung und wird im Ganzen vom Lichte weniger afficirt.

Aus Curve 7 in Fig. 36 ergibt sich (nach Eder) die Wirkung des Sonnenspectrums auf Jodbromsilber im nassen Collodionverfahren, wobei auf je 1 Theil Jodsalz $^1/_2$ bis 1 Theil Bromsalz im Collodion enthalten war und als Hervorrufer saure Eisenvitriollösung dient. Man erkennt in dem Gemische noch die Einzelwirkung des Jodsalzes (Curve 2) und des Bromsalzes (Curve 4, Fig. 36).

Mischt man Jod- und Bromsilber in Gelatineemulsion, so ergibt sich ein verschiedenes Verhalten im Sonnenspectrum (mit alkalischem Pyrogallol- oder Eisenoxalat-Entwickler etc.), je nachdem das Jodbromsilber frisch gemischt ist oder zusammen digerirt wurde, was zuerst V. Schumann entdeckte und Eder bestätigte [1]). Wird eine fertige Bromsilbergelatine-Emulsion mit 10 bis 50 Proc. Jodsilberemulsion gemischt, dem Sonnenspectrum exponirt und dann entwickelt, so erscheinen zwei Maxima: Eines zwischen *G* und *H* und ein anderes zwischen *G* und *F* (s. Curve 5, Fig. 34). Erwärmt man eine solche Emulsion, so vereinigen sich die beiden getrennten Maxima in ein einziges (Curve 6, Fig. 34) und die Empfindlichkeit gegen Grün ist grösser als bei reinem

1) Sitzber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. II. Abth. 1884.

Bromsilber, und das Maximum der Wirkung etwas gegen *F* vorgeschoben. (Eder.)

Dieselbe Erscheinung zeigt sich, wenn Silbernitrat zu einem Gemenge von Jodkalium und Bromkalium mit Gelatine gegeben wird, so

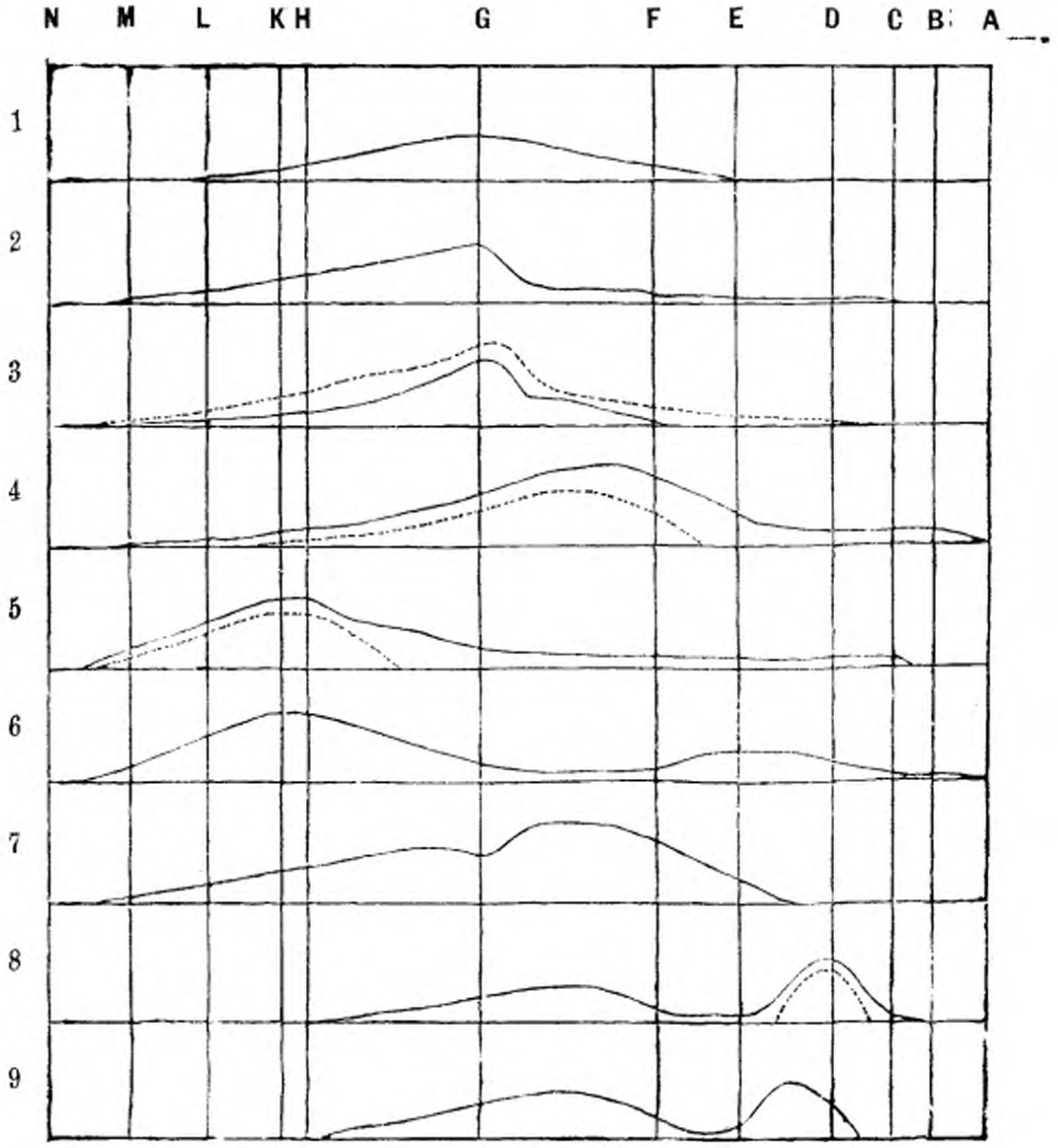


Fig. 36.

1. Papier mit Silbernitrat (copirt). — 2. Jodsilber mit Silbernitratüberschuss auf Papier (copirt). — 3. Jodsilber mit Silbernitrat-Bad, nasses Collodionverfahren mit saurer Eisenvitriol-Entwickelung. — 4. Bromsilber mit überschüssigem Silbernitrat auf Papier (copirt); die punktirte Linie entspricht der Schwärzung beim kürzeren Copiren, und ganz ähnlich ist die Wirkung Bromsilber mit Silbernitrat-Bad beim nassen Collodionverfahren mit saurer Eisenvitriol-Entwickelung. — 5. Chlorsilber und Silbernitrat auf Papier (copirt). — 6. Chlorsilber, welches im Lichte violett angelaufen war (Bildung von Photochlorid) und dann erst dem Spectrum ausgesetzt wurde; ähnlich ist die Wirkung, wenn Chlorsilbergelatine oder Collodion vorbelichtet und dann mit Ferrocitrat entwickelt wurde. — 7. Jodbromcollodion im nassen Collodionverfahren mit saurer Eisenvitriol-Entwickelung. — 8. Eosinsilberhaltiges Bromsilber mit Silbernitrat im nassen Collodionverfahren mit saurer Eisenvitriol-Entwickelung. — 9. Eosinhaltiges Bromsilber in der Gelatineemulsion mit alkalischem Pyro-Entwickler.

dass die Fällung und nachfolgende Digestion von Jod- und Bromsilber gleichzeitig erfolgte. Mischt man Chlorsilbergelatine mit Jodsilber-

gelatine, so ergeben sich im Sonnenspectrum zwei getrennte Maxima (beim Hervorrufen mit Oxalat-Citrat-Entwickler): eins bei *H* (dem Chlorsilber angehörig), das andere bei *G* $^1/_3$ *F* (dem Jodsilber angehörig), wie Curve 7 (Fig. 34) zeigt; beim Digeriren in der Wärme gleichen sich die Maxima allmählich aus. Aehnlich verhält sich Brom-Chlorsilbergelatine. (Eder.)

Das Curvenbild Fig. 37 gibt einen anschaulichen Vergleich zwischen den Wirkungen des Lichtes, wie solche von Prof. H. W. Vogel bei verschiedenen Plattenpräparationen mittels des kleinen Spectrographen (s. S. 219) beobachtet wurden; wie

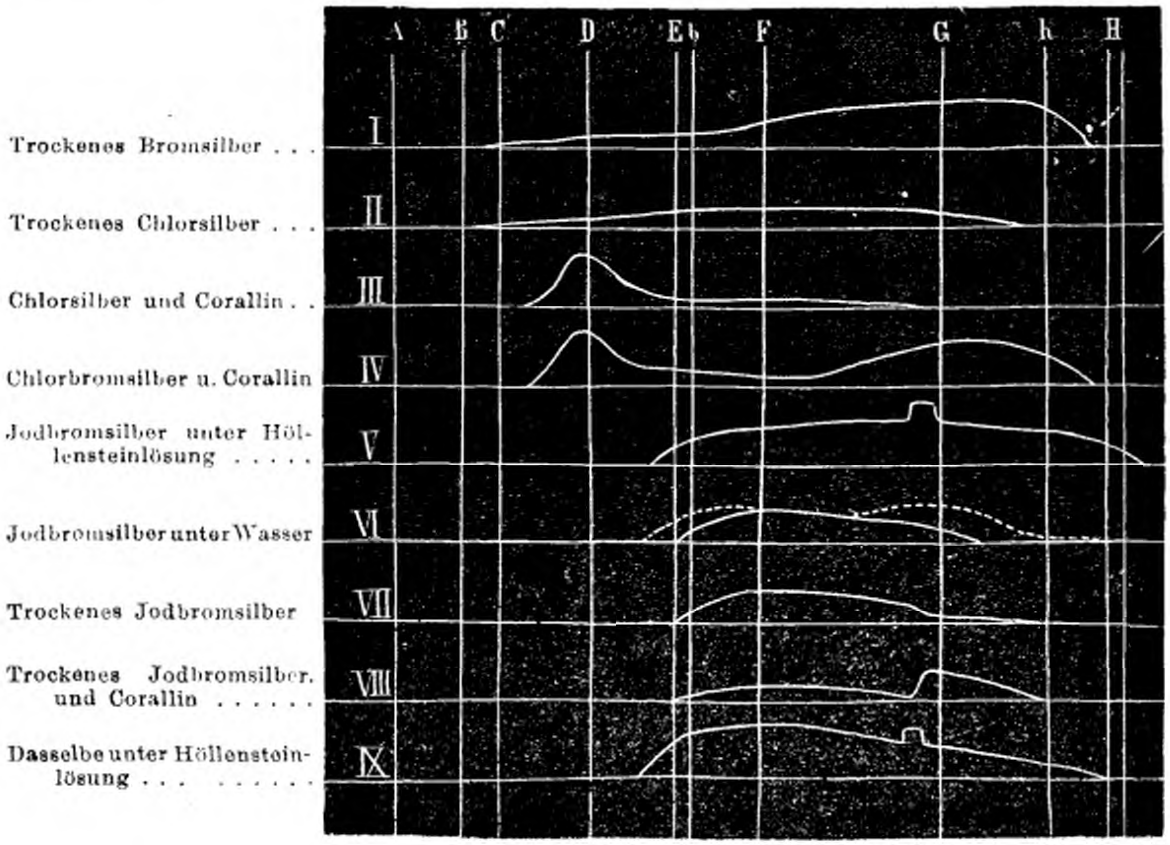


Fig. 37. Vogel's Wirkungscurven der Spectralfarben.

bereits oben erwähnt wurde (s. Seite 219), ist das Violett und Ultraviolett hierbei sehr geschwächt, wie auch aus dem Vergleiche dieser Curven mit den oben von Eder angegebenen hervorgeht.

P) Wirkung von Sensibilisatoren und Farbstoffen auf die Farbenempfindlichkeit photographischer Schichten.

Viele Substanzen zeigen die Eigenthümlichkeit, dass sie durch chemische oder optische Wirkung die Zersetzung der Silbersalze, sowie anderer Verbindungen im Lichte beschleunigen. Solche Substanzen nennt man „Sensibilisatoren"; mitunter findet sich in der Negativphotographie der weniger präcise Ausdruck „Präservativ" vor, welcher andeuten soll, dass man die Empfindlichkeit der nassen Collodionplatten,

nach der Entfernung des anhaftenden Silberbades, durch andere Substanzen herbeizuführen und nach dem Trocknen zu wahren, beabsichtigt.

Jene Substanzen, welche Jod oder Brom chemisch zu binden vermögen, begünstigen den Zerfall des Jod- oder Bromsilbers im Lichte, wie besonders Poitevin[1]) und H. W. Vogel feststellten; letzterer nennt solche Körper chemische Sensibilisatoren (vergl. Seite 178).

Prof. H. W. Vogel entdeckte im Jahre 1873 die Thatsache, dass beigemengte Farbstoffe das Bromsilbercollodion für grüne, gelbe und rothe Lichtstrahlen empfindlich machen (sensibilisiren), wenn sie dieselben absorbiren; z. B. absorbirt Corallin gelbes und grünes Licht und macht das Bromsilbercollodion (mit Hervorrufung) empfindlich für diese Farben (siehe Curve IV in Fig. 37). Diese Farbstoffe, welche das Bromsilber oder Chlorsilber für gewisse Farben des Spectrums empfindlich machen, nannte H. W. Vogel „optische Sensibilisatoren"; man kann auch derartige Substanzen mit dem Namen „Farben-Sensibilisatoren" bezeichnen[2]).

Diese sensibilisirenden Farbstoffe können sowohl im nassen Collodionverfahren als auch im Bromsilbercollodion und in Bromsilbergelatine verwendet werden. Sobald Silberbäder angewendet werden (im nassen Collodionverfahren), ist es Bedingung für das Gelingen, dass das Silbernitrat den Farbstoff nicht zerstöre.

1. Sensibilisirende Farbstoffe beim photographischen Collodionverfahren.

Nachdem H. W. Vogel die Wirkung der „optischen Sensibilisatoren" bei Bromsilbercollodion entdeckt hatte, erfolgten die weiteren Arbeiten zunächst in derselben Richtung. Es wurde constatirt, dass Brom-, Jod- und Chlorsilberplatten durch Aurin, Naphthalinroth, Anilinroth, Aldehydgrün, Methylrosanilinpikrat, Eosin, Chlorophyll, Carmin, Methylviolett, Cyanin stark empfindlich für das Roth, Gelb und Grün des Spectrums[3]) werden, wie die Versuche von Vogel, Becquerel[4]),

---

1) Phot. Mitth. Bd. 11, S. 182.

2) Diesen Ausdruck hat Eder bereits im Jahre 1886 gebraucht (Phot. Corresp. 1886. S. 227) und wurde auch von Baron Hübl (Phot. Corresp. 1890) empfohlen. — Bothamley schlug den Namen „Selective Sensibilisatoren" vor (Eder's Jahrbuch f. Photogr. für 1889. S. 400).

3) Alle diese Angaben gelten für das Sonnenspectrum; die Platten wurden mit Entwicklern behandelt.

4) Phot. Mitth. 1874. S. 139. Jahresber. Chemie. 1874. S. 168. Phot. Corresp. 1879. S. 107.

Waterhouse[1]), Abney[2]), Cros[3]), Carey Lea[4]), Ducos du Hauron[5]), Eder, Schumann u. A. zeigen.

Viele andere Farbstoffe aber erhöhen die Farbenempfindlichkeit nicht, wie z. B.: Pikrinsäure, Nachtblau, Pencélack, Indigotin, Purpurin etc. (Vogel).

Hier sollen nur einige Beispiele von Sensibilisirung durch Farbstoffe beschrieben werden, nachdem im II. und III. Bande dieses Werkes alle Einzelheiten der hierauf gegründeten „orthochromatischen Verfahren etc." beschrieben sind[6]).

Die Wirkung des Corallins, welches übrigens kein besonders guter Sensibilisator ist, ist in Curve IV, Fig. 37 ausgedrückt; viel besser wirkt Eosin und insbesondere Eosinsilber für Gelb und Grün (s. u.), ferner Cyanin für Orange und Gelb und Chlorophyll für Roth.

a) Wirkung sensibilisirender Farbstoffe im Collodion-Trockenverfahren und der Collodionemulsion mit alkalischer Pyrogallol-Entwickelung. Man kann die Bromsilbercollodionplatten mit Farbstoffen versetzen, indem man eine kleine Menge derselben (beiläufig 0,001 bis 0,01 Proc.) in das Collodion gibt, oder auch die Platten mit verdünnten Farbstoff-Lösungen übergiesst. Die Concentration der Farbstoff-Lösungen ist von sehr grossem Einflusse, indem zu starke Lösungen die Farbenempfindlichkeit **nicht** erhöhen, sondern sogar die Gesammtempfindlichkeit bedeutend herabdrücken; allzu schwache Lösungen aber machen einen verschwindenden Effect. Die beste Concentration ist für verschiedene Farbstoffe verschieden[7]) und muss sorgfältig erprobt werden.

Bromsilbercollodion, welches mit überschüssigem löslichen Bromsalz hergestellt wurde, ist sehr wenig empfindlich gegen Licht; dagegen steigt sofort die Lichtempfindlichkeit, wenn eine Spur Silbernitrat, Tannin, Morphin oder ein anderer Brom absorbirender Körper, ein sog. „chemischer Sensibilisator", zugegen ist (s. Seite 178). Farbstoffe wirken auf das erst erwähnte Bromsilbercollodion bei Abwesenheit eines chemischen Sensibilisators in der Regel nur sehr wenig oder gar nicht als Farbensensibilisatoren. Die „optischen Sensibilisatoren" verlangen

1) Phot. Mitth. Bd. 12, S. 197 und 249; Bd. 13, S. 16 und 197.

2) Phot. Mitth. Bd. 15, S. 91.

3) Phot. Corresp. 1879. S. 107.

4) Jahresber. Chem. 1875. S. 147; 1876. S. 156.

5) Phot. Arch. Bd. 19, S. 111.

6) Eine Zusammenstellung der über diesen Gegenstand gemachten Untersuchungen findet sich auch in Eder's Chemische Wirkungen des farbigen Lichtes. 1879.

7) Vergl. Eder, dieses Handbuch Bd. III, S. 156 (4. Aufl.).

nach H. W. Vogel (Phot. Mitth. Bd. 13, S. 31) noch die Gegenwart eines chemischen Sensibilisators, was nicht ausschliesst, dass manche der ersteren zugleich die Eigenschaft der letzteren in sich schliessen [1]). Manche Farbstoffe zeigen auf Bromsilbercollodion erst dann eine Sensibilisirung derselben für gewisse farbige Strahlen, wenn chemische Sensibilisatoren, z. B. Silbernitrat, Tannin etc. vorhanden sind, wogegen sie bei Bromsilbercollodion mit überschüssigem löslichen Brom- oder Chlorsalz unwirksam sind.

Bei Bromsilbergelatine wirkt die Gelatine selbst als Sensibilisator (Eder), so dass das Bromsilber keinen anderen Zusatz eines Sensibilisators braucht, sondern von den Farbstoffen (entsprechend ihrer Absorption) ohne weiteres sensibilisirt wird. Allerdings wirken in der Regel die Farbstoffe auf Bromsilbercollodion, namentlich bei Gegenwart von überschüssigem Silbernitrat, viel energischer sensibilisirend, als auf Bromsilbergelatine.

In der Bromsilbercollodion-Emulsion wirkt besonders günstig Eosinsilber, welches man entweder durch Doppelzersetzung von Eosin mit Silbernitrat in dem Bromsilbercollodion selbst emulsionirt, oder für sich allein darstellt, wäscht und in alkoholisch-ammoniakalischer Lösung der Emulsion beimischt. Das Präparat ist am empfindlichsten bei Gegenwart von überschüssigem Silbernitrat. (Erythrosin wirkt unter diesen Umständen weniger günstig als Eosin; bei Bromsilbergelatine dagegen wird Erythrosin mit Recht vorgezogen.)

Viele farblose Körper befördern die Farbenempfindlichkeit; so vermehrt Tannin die Empfindlichkeit der Jodbromsilber-Trockenplatten für Violett, keineswegs aber für Blau und Grün, Morphin aber nicht nur die Intensität der Wirkung im Blau und Violett, sondern auch im Grün (Vogel [2]). Harzzusatz steigert nach Abney die Empfindlichkeit von Bromsilber-Collodionemulsion für rothes Licht bedeutend, was H. C. Vogel und Lohse bestätigten [3]), wogegen nach H. W. Vogel die durch Harzzusatz bedingte Vermehrung der Rothempfindlichkeit nur gering ist [4]). Nach Carey Lea [5]) machte nicht nur unverändertes Corallin Bromsilber grünempfindlich, sondern auch der durch Essigsäure entfärbte (d. i. gelb gewordene) Farbstoff; ausserdem erhöhen die Grünempfindlichkeit von Bromsilbercollodion noch arsenigsaures Kali, arsenigsaures Silberoxyd, Salicin, Codeïn, essigsaures Morphin, Capsicumtinctur, valeriansaures Ammoniak, Coffeïn (?), wogegen viele Alkaloïde die Grünempfindlichkeit verminderten [6]).

Badet man eine gewöhnliche Bromsilbergelatineplatte in ganz schwacher Silbernitratlösung und trocknet sie, so steigt ihre Empfindlichkeit (beim Hervorrufungsprocess)

1) Z. B. insbesondere das Eosinsilber (Eder).
2) Phot. Corresp. Bd. 11, S. 202.
3) Ibid.
4) Phot. Mitth. Bd. 14, S. 18.
5) Jahresber. Chem. 1875. S. 147; 1876. S. 158. Fortschr. Phys. 1874. S. 597.
6) Phot. Corresp. 1874. S. 100.

nicht nur gegen weisses Licht, sowie die Gesammtempfindlichkeit im Spectrum, sondern es ist auch die relative Empfindlichkeit gegen die weniger brechbaren Strahlen. (Eder[1]).

Jedoch ist die Steigerung der Empfindlichkeit des Bromsilbers gegen die weniger brechbaren Strahlen durch diese farblosen Körper eine verhältnissmässig sehr geringe und niemals treten deutliche Maxima der Wirkung im Grün, Gelb etc. auf.

b) Wirkung der sensibilisirenden Farbstoffe im nassen Collodionverfahren. Hierfür eignet sich Eosin und die ihm analogen sog. Eosinfarbstoffe am besten. Man fügt zu einem bromsalzhaltigen Collodion beiläufig 0,1 Proc. Eosin und badet die damit überzogenen Platten wie gewöhnlich im Silberbade. Es bildet sich neben Bromsilber noch rothes Eosinsilber, welches an und für sich für gelbgrünes Licht empfindlich ist und auch das Bromsilber hierfür stark sensibilisirt[2]). Die Entwickelung des Bildes erfolgt mit Eisenvitriollösung. Im Sonnenspectrum zeigt sich eine sehr starke Wirkung im Gelb (bei der Linie *D*), welche sich einerseits ins Grüne, andererseits ins Orangegelb erstreckt; bei längerer Belichtung tritt die Wirkung im Blau und Violett auf (Curve 8, Fig. 36). — Dieses Verfahren wird zur orthochromatischen Photographie benutzt[3]).

2. Die Wirkung der Farbstoffe als Sensibilisatoren auf Bromsilbergelatine

wurde am eingehendsten von J. M. Eder studirt[4]). Ein Theil dieser Untersuchungen ist im III. Bande dieses Werkes (4. Aufl.) abgedruckt. Hier seien nur die vom photochemischen Standpunkte wichtigen Schlussfolgerungen erwähnt.

Die „sensibilisirenden Farbstoffe", welche einen Absorptionsstreifen im Spectrum zeigen, bewirken eine demselben örtlich entsprechende Steigerung der Lichtempfindlichkeit der damit gefärbten Bromsilbergelatine. Jedoch fällt weder die Lage des Absorptionsstreifens der wässerigen oder alkoholischen Lösung, noch auch der mit den Farbstoffen gefärbten Gelatinefolien mit dem Orte, wo im Spectrum die Farbenempfindlichkeit des Bromsilbers erhöht wird, zusammen. Diese Beobachtung machte zuerst Prof. H. W. Vogel. Genaue Bestimmungen dieser Differenzen rühren von J. M. Eder her, welcher das Absorptions-

1) Sitzber d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. II. Abth. 1884.

2) Jodsilber wird von den Farbstoffen wenig sensibilisirt und die Anwesenheit von Jodsilber im Bromsilbercollodion stört die sensibilisirende Wirkung der Farbstoffe; dagegen ist Chlorsilber stark für die Farbensensibilisatoren empfänglich.

3) Ausführliche Beschreibung: II. Band dieses Handbuches, S. 284.

4) Sitzberichte d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. Decemberheft 1884; ferner ebenda, December 1885 und Juni 1886. (Auch abgedruckt in Phot. Corresp. 1885 und 1886.)

maximum der gefärbten Gelatinefolien bestimmte und in Wellenlängen des Lichtes ausdrückte und ebenso das Sensibilisirungsmaximum auf Bromsilbergelatine ausmass.

Um ein Beispiel über die Lage der Absorptionsmaxima der Farbstoffe und der Sensibilisirungsmaxima der Bromsilbergelatine zu geben, seien aus Eder's oben citirten Abhandlung folgende Zahlen angegeben:

	Mitte des Maximums des Absorptionsspectrums			Mitte des Maximums der photographisch. Sensibilisirung auf d. gefärbten Bromsilber-gelatine	Differenz des Absorptions-maximums des Farbstoffs in Gelatine u. des Sensibilisirungs-maximums der gefärbten Brom-silbergelatine
	Alkoholisch. Lösung (Dichte = 0,849)	Wässerige Lösung	Gefärbte trockene Gelatinefolie (Dichte = 1,326)		
Eosin (Tetrabromfluoresceïnnatrium)	529	522	530	560	$d = 30$
Erythrosin (Tetrajodfluoresceïnnatrium) . . .	529	522	540	563	$d = 23$
Naphthalinroth . . .	569	518	532	580	$d = 48$
Cyanin	590	595	590	613	$d = 23$

Obige Zahlen sind Wellenlängen des Lichtes, ausgedrückt in Milliontel-Millimeter. Es ergibt sich, dass das Sensibilisirungsmaximum der Bromsilbergelatine beträchtlich weiter gegen das rothe Ende zu liegt, als das Absorptionsspectrum der zum Sensibilisiren (Färben) der Platten verwendete Farbstoff in seinen Lösungen oder auf Gelatine. Dagegen fällt das Absorptionsspectrum des mit Farbstoff gefärbten reinen Bromsilbers mit den Sensibilisirungsmaximum zusammen.

Für die sensibilisirende Wirkung der Farbstoffe stellte Eder folgende Regeln (a. a. O.) auf:

1. Weder das Absorptionsspectrum der alkoholischen noch der wässerigen Lösung des Farbstoffes oder der trockenen gefärbten Gelatinefolie fällt mit der Lage des photographischen Sensibilisirungsmaximums zusammen.

2. Das Sensibilisirungsmaximum des gefärbten Bromsilbers liegt weiter gegen Roth als das Absorptionsmaximum irgend einer der untersuchten Lösungen der entsprechenden Farbstoffe.

3. Die Dichte des Bromsilbers ($d = 6.353$) ist gegenüber jener der Gelatine ($d = 1.326$) so gross, dass man wohl die grössere Dichte des brechenden Mediums als Grund der Verschiedenheit ansehen kann. (Nach der Kundt'schen Regel.)

4. Die Lage des Absorptionsmaximums des Farbstoffs (in Gelatine) und des Sensibilisirungsmaximums auf gefärbter Bromsilbergelatine im

Spectrum differirt im Mittel ziemlich regelmässig um 30 Milliontel-Millimeter Wellenlänge. Das heisst: Jene Lichtstrahlen, welche das gefärbte Bromsilber an der durch den Farbstoff sensibilisirten Stelle photographisch am meisten zersetzen, besitzen im Mittel eine um 30 Milliontel-Millimeter längere Wellenlänge als jene Lichtstrahlen, welche von dem Farbstoff unter den oben angegebenen Verhältnissen absorbirt werden.

5. Abweichungen von dem Absorptionsspectrum gefärbter Gelatinefolien von dem photographischen Spectrumbild auf dem ebenso gefärbten Bromsilber dürfen als keine Ausnahme von dem „Absorptionsprincip" betrachtet werden, denn das Absorptionsspectrum eines gefärbten Mediums gestattet niemals einen sicheren Schluss auf das Absorptionsspectrum eines anderen ebenso gefärbten Mediums.

Theilt man die Farbstoffe, welche das Bromsilber sensibilisiren, in mehrere Gruppen, so ergibt sich nach Eder folgende Uebersicht:

1. Farbstoffe, welche das Spectrum von Violett her allmählich fortschreitend absorbiren und deren sensibilisirende Wirkung sich ohne Maximum enge an die photographische Wirkung anschliesst. Hierher gehören: Lösliches Berlinerblau, Poissierblau, Anilinblau, Chrysanilin, verschiedene Ponceau-Arten, Curcumä, Neutralviolett, Chrysolin, Diazoamidobenzol, Jasmin, Säureorange, gewisse Induline u. a. — Ferner erscheinen bei manchen der sub 2 erwähnten Farbstoffe bei gewissen Concentrationsgraden und Belichtungszeiten die Maxima der Sensibilisirung so schwach, dass sie kaum mehr kenntlich sind.

2. Farbstoffe, welche einen Absorptionsstreifen im Spectrum und ein entsprechend nach Roth hin verschobenes Sensibilisirungsmaximum zeigen. Hierher gehören die Eosinfarben (Eosin, Erythrosin, Cyanosin, Methylerythrin, Phloxin, Rose Bengal) und Eosinsilber, Anilinroth, Naphthalinroth, Cyanin, Resorcinblau, Corallin, Bleu Coupier, Safranin, Methylviolett, Säureviolett, Jodgrün, Methylgrün, manche Ponceau-Arten, Coeruleïn, Congo, Benzopurpurin, Benzoazurin, Galleïn, Diazoresorufin, Anthracenblau u. a.

Die Eigenschaft der Farbstoffe, das Bromsilber für gewisse Farben des Spectrums (für welche das Bromsilber sonst wenig empfindlich) zu sensibilisiren, kommt sehr vielen Farbstoffen zu; allerdings ist die Wirkung häufig gering und oft nur schwer nachweisbar.

Besonders gute Sensibilisatoren für Bromsilbergelatine sind für Grün und Gelb: Erythrosin (Tetrajodfluoresceïnnatrium von Eder als Sensibilisator entdeckt und der zur orthochromatischen Photographie verbreitetste Farbstoff) und Erythrosinsilber und Eosin (Tetrabromfluoresceïnnatrium).

Für Gelb, Orange und den Beginn des Roth sensibilisirt: Cyanin; weniger kräftig, aber bei gewissen Platten weit gegen das Ende des Roth hinaus wirkend ist: Coeruleïn, Anthracenblau, Chlorophyll und gewisse Induline.

Die Curven 10 bis 16 in Fig. 38 geben (nach Eder) ein deutliches Bild der Sensibilisirung von Bromsilbergelatine durch verschiedene Farb-

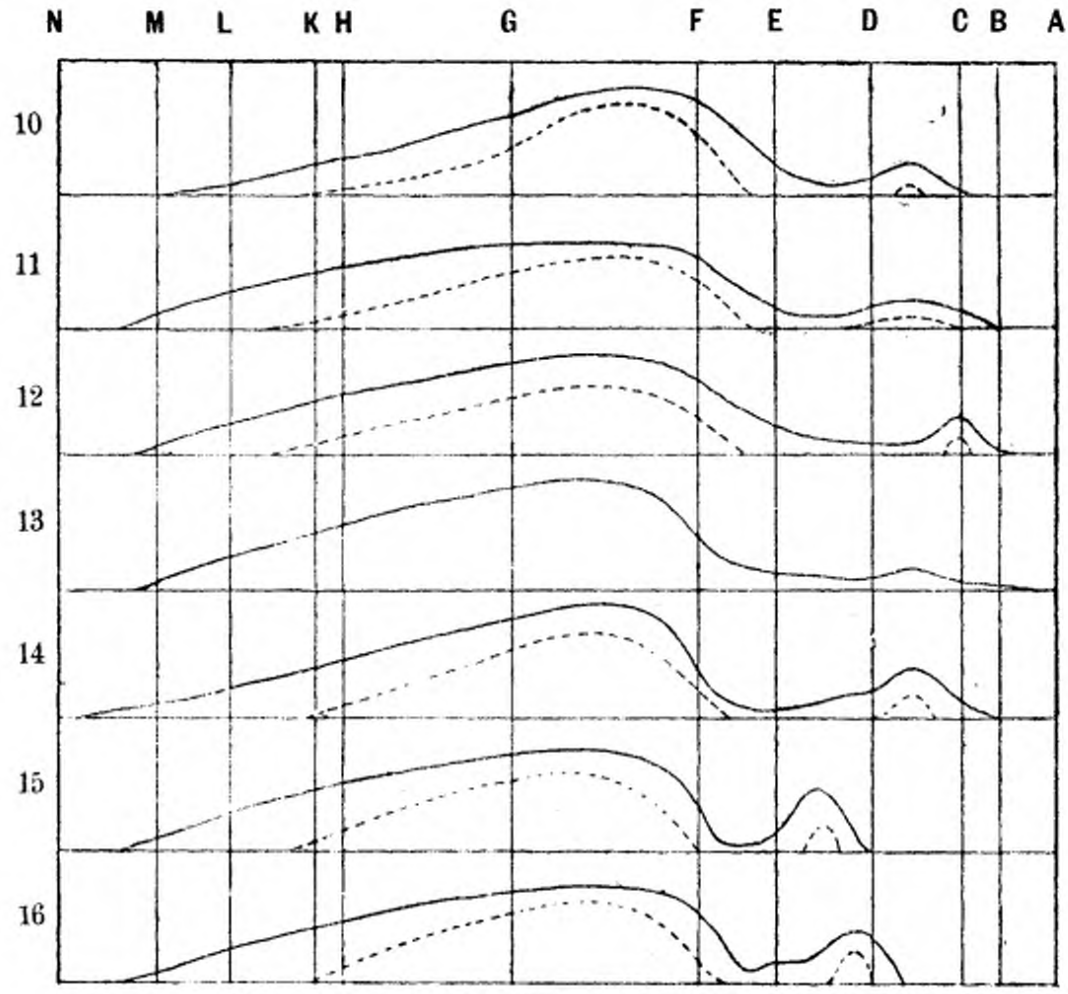


Fig. 38.

10. und 11. Spectrumbild auf Bromsilbergelatine gefärbt mit Methylviolett, Violett de Paris, Benzylrosanilin, Jodviolett, Dahlia, Gentianviolett, Säureviolett. — 12. Dasselbe mit Säuregrün, Solidgrün, Methylgrün, Brillantgrün. — 13. Mit Jodgrün. — 14. Mit Cyanin. — 15. Mit Brom-Eosin. — 16. Mit Rose bengal und Ammoniak.

stoffe gegen die weniger brechbaren Strahlen (Grün bis Roth). Die Erhöhung der Curve der photographischen Wirkung des Sonnenspectrums auf mit Farbstoffen vermischtes Bromsilber in der Nähe der Fraunhofer'schen Linien *E*, *D* oder *C* zeigt an, wie neben der gewöhnlichen photographischen Empfindlichkeit der Bromsilbergelatine (Maximum zwischen *G* und *F*) noch ein zweites Maximum der Wirkung auftritt, welche Wirkung der sensibilisirenden Wirkung des Farbstoffs zukommt, z. B. bei Eosin zwischen der Fraunhofer'schen Linie *E* und *D* etc.

Da bei den orthochromatischen Gelatineplatten in der Regel die Empfindlichkeit für Gelb und Grün im Vergleich zu der Blau-Empfindlichkeit der Platte zu gering ist und die weitere Steigerung der Gelbempfindlichkeit vorläufig nicht gelingt, so muss man das zu helle Blau des zu photographirenden Objectes dadurch dämpfen, dass man vor das Objectiv eine Gelb-Scheibe anbringt.[1]) Bei Eosin-Collodionplatten ist dies nicht nöthig, besonders wenn man zur Dämpfung der blauen Strahlen die intensiv gelbe Pikrinsäure dem Collodion zusetzt (s. S. 277).

Ueber die Art der Wirkung der Farbensensibilisatoren stellte der Verfasser folgende Theorie auf[2]). Das Bromsilber verbindet sich mit dem Farbstoffe durch Molecular-Attraction und wird gefärbt. Der beigemengte Farbstoff würde für sich allein an der Stelle des Absorptionsstreifens Licht stark absorbiren und zum grössten Theile in Wärme, aber nur zum kleineren Theile (weil die meisten sensibilisirenden Farben ziemlich lichtecht sind) in chemische Arbeit (Oxydation) umgewandelt. Den Lichtverlust im ersteren Falle nenne ich „photothermische Extinction", jenen im letzteren Falle „photochemische Extinction". Bromsilber innig gemischt oder verbunden mit einem geeigneten Farbstoffe bewirkt, dass ein grosser Theil des nunmehr vom Farbstoffe absorbirten Lichtes in chemische Arbeit umgesetzt wird, wobei das Bromsilber mit in den Process gezogen wird. Das Gemisch von Farbstoffen mit Bromsilber oder Chlorsilber ist gegen die vom Farbstoff absorbirten Strahlen lichtempfindlicher, als jede der einzelnen Componenten.[3])

Wie diese Theorie mit der Undulationstheorie des Lichtes in Einklang gebracht werden kann, wird im Nachstehenden gezeigt werden.

Q. Photochemische Erscheinungen und die Undulationstheorie des Lichtes[4]).

Beobachten wir die wissenschaftlichen Erklärungsversuche für die seit Daguerre entdeckten photographischen Hervorrufungsprocesse des unsichtbaren Lichtbildes, so fallen die einfachen Erklärungsversuche zur Zeit der Erfindung der Daguerreotypie auf, welche die Condensirung der Quecksilberdämpfe nach dem Principe der Moser'schen Hauchbilder erklären. Analog wäre die Anziehung von zartem Silberschlamm aus der Entwicklerflüssigkeit beim Entwickeln einer nassen Collodionplatte, bei welcher jedoch die Unzulänglichkeit jener allzu einfachen Anschauung zu Tage tritt. Beide Entwicklungsmethoden scheinen nicht zn gestatten, dass man über eine gewisse Grenze

---

1) S. III. Band dieses Werkes (4. Aufl.).

2) Eder, Sitzber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. 1884.

3) S. auch im III. Bande dieses Werkes. 4. Aufl. S. 185.

4) Aus einem Vortrage des Verfassers gelegentlich der Daguerre-Feier der Wiener Photographischen Gesellschaft am 15. October 1889.

der Empfindlichkeit hinauskommt. Es war die Erreichung der höchsten Lichtempfindlichkeit dem chemischen Entwicklungsprocesse des Bromsilbers vorbehalten, bei welchem das vom Lichte afficirte Bromsilbermolecül selbst im Entwickler reducirt wird. Die bis jetzt erreichte Grenze der Empfindlichkeit scheint durch Abänderungen der Entwicklersubstanz nicht überschritten werden zu können, denn die unter sich verschiedensten Körper (Eisenoxalat, hydroschweflige Säure, Pyrogallol, Hydrochinon, Pyrocatechin, amidonaphtholsulfosaures Natrium, Paraphenylendiamin) geben als Entwickler ziemlich genau denselben Empfindlichkeitsgrad der Bromsilberplatten.

Günstiger waren die Versuche, das Bromsilbermolecül selbst geeigneter zur Wechselwirkung für Licht und chemische Zersetzung zu machen.

Die moderne Optik baut sich vollständig und mit überwältigender Sicherheit auf dem Undulationsprincipe des Lichtes auf Es erscheint von Belang, die photochemischen Erscheinungen sammt den neu entdeckten Farbensensibilisatoren nach demselben Principe zu erklären und die modernen Anschauungen von Wellenbewegungen des Lichtes, der allen Körpern eigenen inneren Molecularbewegung und der Apsorptionserscheinungen zu betrachten.

Es bietet die Physik nach dem heutigen Stande der Optik die Hilfsmittel, die innere Molecularbewegung zu messen, und es bieten namentlich die spectroscopischen Untersuchungen von Dr. G. Krüss, sowie von Hartley hierfür wichtige Anhaltspunkte.

Die innere Molecularbewegung wird beherrscht: 1. durch diejenigen Kräfte, welche von Molecül zu Molecül wirken, d. h. physicalische Molecularkräfte; 2. diejenigen, welche von Atom zu Atom wirken, d. h chemische Kräfte, welche die chemische Constitution, beziehungsweise die chemische Zersetzung der Molecüle bewirken.

Wenn eine eintreffende Lichtwelle mit der inneren Eigenschwingung des Molecüls im Einklange schwinkt, so wirkt die Lichtwelle auf das Molecül ein und vermehrt die Amplitude des schwingenden Molecüls. Dabei wird die Lichtwelle verbraucht; sie hat Arbeitet geleistet. Lebendige Kraft kann in andere Erscheinungsformen verwandelt werden und es kann die absorbirte Lichtwelle, wie bereits von mir in einer früheren Abhandlung (Phot. Corresp. 1885, S. 360, aus Sitzungsber. der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien. II. Abth. December 1884) erwähnt wurde, chemische Arbeit, Wärmeentwickelung etc. veranlassen. Dadurch wird das erst genannte Phänomen erklärt. Nehmen wir an, dass die Lichtwelle der Amplitude der Eigenschwingung der Molecüle sehr bedeutend steigert, so kann beim Ueberschreiten einer gewissen Grenze ein Zerreissen des Molecularverbandes eintreten, d. h. es ist eine photochemische Zersetzung vor sich gegangen.

Nach der Undulationstheorie erfüllt der Träger des Lichtes, der Aether, alle Räume zwischen den Molecülen in Atomen der Körper, und ist durch die innere Molecularbewegung der Körper gezwungen, sich in gleich schnellen und gleich grossen Schwingungen oder Rotationen zu bewegen, aus welchen die Bewegungen der Molecüle selbst bestehen. Der vom Lichte getroffene Körper nimmt nur diejenigen Schwingungen aus den Aetherwellen seiner Umgebung auf, mit welchen seine Molecüle selbst schwingen oder zu schwingen im Stande sind.

Nennen wir die spectroscopisch festgestellte Wellenlänge desjenigen Lichtstrahles, welche von einer Substanz am stärksten absorbirt wird, $= \lambda$, die Geschwindigkeit des Lichtes (v) = 299,000 km, und n die zu suchende Anzahl der Schwingungen der absorbirenden Molecüle, so ergibt sich die Gleichung $n = \frac{v}{\lambda}$.

Von absorbirenden Substanzen, welche eine Absorption für verschiedenartige Lichtstrahlen zeigen, kommt die intensivste Absorption zumeist in Betracht; diese

charakterisirt die Hauptschwingungen des Molecüls, ebenso wie — nach einem guten Gleichniss von Dr. Krüss — die intensivsten Schwingungen einer Stimmgabel oder Saite den charakterislischen Hauptton derselben erzeugen. Bei einer Stimmgabel wird der Ton um so lauter, je grösser die Amplitude ist; beim Lichte wird die Intensität grösser. Man kann folgern, dass eine grössere Intensität in der Absorption des Lichtes bewirkt wird durch eine grössere Amplitude der Schwingungen der Molecüle im absorbirenden Medium.

Bromsilber, in Form von Gelatine-Emulsion, zeigt das Maximum der Absorption für Licht von einer Wellenlänge = 450 Millionstel-Millimeter; daraus berechnet sich nach obiger Formel, dass das Molecül des Bromsilbers zur Ausführung einer Hauptschwingung 664 Billiontel-Secunde bedarf. Thatsächlich wirkt Licht von derselben Schwingungszahl am kräftigsten auf Bromsilber ein, mit anderen Worten, vermehrt es die Amplitude der inneren Molecularschwingungen des Bromsilbers in so kräftiger Weise, dass ein Zerfall des Molecüls eintritt oder beginnt, welchen die photographischen Entwickler fortsetzen, so dass eine kräftige Reduction entsteht.

Daneben sind auch zahlreiche Nebenschwingungen vorhanden, welche im Innern der Bromsilbermolecüle bewirken, dass das Bromsilber auch andere Lichtwellen von längerer oder kürzerer Schwingungszahl aufnimmt, wodurch das Licht verbraucht wird. Da jedoch diese Nebenschwingungen weniger kräftig sind und deshalb mit den Lichtwellen weniger in Wechselwirkung treten können, so muss intensiveres Licht vorhanden sein, damit sich die Schwingung und Amplitude der inneren Molecularschwingungen bis zum Zerreissen des Molecüls steigert, mit anderen Worten, das Bromsilber besitzt eine geringe Lichtempfindlichkeit für solche Strahlen. Z. B. wird Licht vom äussersten Roth bis ins äusserste Ultraviolett vom Bromsilber absorbirt, jedoch in geringerem Masse, und der photochemische Process geht auch im schwächeren Grade vor sich.

Die geringe Gelb- oder Rothempfindlichkeit des Bromsilbers ist bekannt; sie wird ein wenig grösser, wenn man das Bromsilber mit Ammoniak digerirt u. s. w.; z. B. wird Bromsilber nur in geringem Grade von gelbgrünem Lichte, welches mit einer Wellenlänge von 563 Milliontel-Millimeter (entsprechend einer Schwingungsdauer von 531 Billiontel-Secunde) schwingt, verändert

Dieses Licht wird auch in geringem Grade absorbirt; es ist die innere Bewegung des Bromsilbermolecüls nur mit nebensächlichen Schwingungen im Einklange mit den erwähnten Lichtstrahlen und das Licht mit der Schwingungszahl von 531 Billiontel-Secunde kann nur schwer die Amplitude der Schwingungen des Bromsilbermolecüls bis zur Zerreissung des Atomencomplexes steigern.

Betrachten wir den Effect einer anderen chemischen Substanz, welche eine innige Verbindung — sei es auf chemischem Wege oder durch Molecular-Attraction — mit dem Bromsilber eingeht und nun seinerzeit Licht von 563 Milliontel-Millimeter Wellenlänge absorbirt und nach obiger Formel zur Ausführung einer Schwingung 531 Billiontel-Secunde braucht.

Ein solcher Körper ist der von mir entdeckte Sensibilisator Erythrosin (Tetrajodfluoresceïnnatrium); diese Substanz absorbirt in alkolischer Lösung nach meinen spectroscopischen Bestimmungen am stärksten Licht von 529 Milliontel-Millimeter Wellenlänge, während das damit gefärbte Bromsilber Licht von 563 Milliontel-Millimeter Wellenlänge absorbirt.

Trifft nun ein einfallender gelbgrüner Lichtstrahl von der Wellenlänge 563 das mit Erythrosin gefärbte Bromsilber, so findet er Erythrosinmolecüle vor, welche am stärksten mit der Lichtwelle im Einklange schwingen und dieselben verbrauchen. Die Lichtwelle kann die Amplitude der Schwingungen des Erythrosinmolecüls bei fort-

gesetzter Einwirkung bis zum Zerfalle desselben steigern und kann z. B. das Erythrosin an und für sich bleichen. Andererseits kann aber auch das gleichzeitig vorhandene Bromsilbermolecül durch die gesteigerten Schwingungen des Farbstoffes mitgerissen werden und dadurch die bis dahin nebensächlichen Schwingungen des Bromsilbers zu einer Hauptschwingung steigern und den Zerfall des Bromsilbermolecüls bewirken.

Daraus erklärt sich für die Beobachtung, warum Farbstoffe, welche schmale Absorptionsstreifen zeigen, also die Hauptschwingungen der Molecüle auf eine enge Zone im Spectrum beschränken, in der Regel kräftiger sensibilisiren, weil wahrscheinlich das Mitreissen der Bromsilbermolecüle leichter erfolgt, wenn eine eng begrenzte Angriffszone gegeben ist.

Das Jodsilber ist sehr schlecht durch Farbstoff zu sensibilisiren, wahrscheinlich, weil es die Hauptschwingung entsprechend den blauen Strahlen des Spectrums besitzt und die Molecularbewegung nur in sehr geringem Masse oder gar nicht im Einklange mit den langwelligen Lichtstrahlen erfolgt, weshalb auch die Wirkung der beigemengten absorbirenden Farbstoffe zu schwach zu sein scheint, um die träge Bewegung der Jodsilbermolecüle bis zur Zerreissung des Atomencomplexes zu steigern. Beim Bromsilber, welches eine allgemeine Empfindlichkeit für verschiedene Lichtstrahlen besitzt, liegt das Verhältniss günstiger.

Daraus ergibt sich die mit der experimentellen Beobachtung übereinstimmende Thatsache, dass die Farbensensibilisatoren für Bromsilber, welche in der orthochromatischen Photographie eine so eminent wichtige Rolle spielen, stets das Bromsilber in der Nachbarschaft jener Regionen des Spectrums sensibilisiren, welche sie selbst absorbiren Sie schwingen nämlich im Einklange mit den von ihnen absorbirten Lichtstrahlen und bringen durch die gesteigerte Amplitude der Molecularschwingungen des Farbstoffes das Bromsilbermolecül in gesteigerte, damit im Einklange befindliche Schwingungen, wodurch die Lichtwellen die innere Molecularbewegung des Bromsilbers bis zur Zerreissung steigern. Dadurch ist der Zusammenhang der Absorption der Farbstoffe mit der photographischen Sensibilisirung an der Hand der Undulationstheorie erklärt.

R) Solarisationserscheinungen im Spectrum.

Werden Daguerreotypplatten, nasse Jodsilber- oder trockene Bromsilber-Emulsionsplatten dem weissen Tageslichte viel länger exponirt, als zur Entstehung eines entwickelungsfähigen negativen Bildes nothwendig ist, so findet eine Umkehrung statt, d. h. die Silberverbindung verliert die Eigenschaft, sich im Entwickler zu schwärzen oder Quecksilberdämpfe zu condensiren. Die Erscheinung nennt man Solarisation.

Man kann sie besonders leicht bei Bromsilbergelatineplatten beobachten, indem man dieselben stückweise immer länger belichtet und dann entwickelt. Anfangs entsteht eine kaum sichtbare Lichtwirkung, welche sich bei intensiverer Lichtwirkung steigert (s. weiter unten das betreffende Capitel) und bei ungefähr 1000fach grösserer Lichtintensität als zur Anfangswirkung nöthig ist, wird das Maximum der Schwärzung überschritten und nimmt trotz der gesteigerten Lichtwirkung wieder ab; diese Erscheinung des Zurückgehens der Schwärzung beginnt bei der beiläufig 10000fachen Lichtintensität. Es hängt dies übrigens von der Qualität der photographischen Platten und des verwendeten Entwicklers ab.

Janssen beobachtete bei Bromsilbergelatineplatten folgende Solarisationserscheinungen: 1. Anfangs entsteht das gewöhnliche photographische Negativ; 2. nach längerer Belichtung wird die Platte bei der Entwickelung gleichartig dunkel (erster neutraler Zustand); 3. positives Bild; 4. zweiter neutraler Zustand; 5 ein zweites negatives Bild, welches aber eine 100000 mal so grosse Lichtintensität braucht, als das Negativ erster Ordnung; 6. dritter neutraler Zustand. (Siehe weiteres: Band II, S. 43 dieses Werkes.)

Im reinen Sonnenspectrum zeigt sich, dass bei fortgesetzter Exposition von Jodsilberplatten die Solarisation zuerst im Blau und Violett erfolgt (s. o.). Bromsilber-Emulsionsplatten (Collodion und Gelatine) solarisiren bei Ueberexposition von Ultraviolett bis über *G* im Grün; von dort bis ins Roth erscheint das normale Bild (Abney[1]).

Sehr deutlich zeigt sich die negative, den normalen Lichteindruck zerstörende Wirkung des Lichtes, wenn man die photographische Platte zuerst ganz kurze Zeit dem schwachen Tageslicht aussetzt und dann erst das Spectrum einwirken lässt. Unter diesen Umständen zeigt es sich, dass besonders die rothen Strahlen eine den blauen entgegengesetzte Wirkung zeigen. Dasselbe tritt ein, wenn neben dem Spectrum zugleich diffuses Tageslicht auf die Platte wirkt,

Schon Herschel fand 1830[2]), dass die rothen Strahlen auf gewisse photographische Papiere den blauen entgegengesetzt wirken. Draper (1842[3]), Lerebours (1846), Claudet (1847) bestätigen dies für Jodsilber im Daguerreotypprocess speciell[4]).

Fizeau und Foucault[5]) beschrieben die sogenannte negative Wirkung gewisser Lichtstrahlen sehr genau, nachdem sie schon am 9. Dec. 1844 der Pariser Academie in einem verschlossenen Schreiben ihre Mittheilung über denselben Gegenstand übergeben hatten. Sie liessen bei ihren Versuchen das Licht einer Lampe auf eine bromjodirte Daguerreotypplatte so lange einwirken, dass sie sich in den Quecksilberdämpfen mit einer gleichförmigen weissen Schicht bedeckt haben würde. Bevor sie jedoch die Platte den Dämpfen aussetzten, liessen sie das Sonnenspectrum darauf fallen. Wurde die Platte hierauf den Quecksilberdämpfen ausgesetzt, so bemerkte man deutlich zwei verschiedene Theile des Spectrums. Auf der einen Seite vom Orange bis zu den äussersten chemischen Strahlen hatte eine starke Ablagerung der Dämpfe

---

1) Phot. News. 1880. S. 554.

2) Biblioth. univ. de Genève. Neue Serie. Bd. 23, S. 185. — Weitere Arbeiten Herschel's s. Philos. Magaz. 1843 (3). Bd. 22. Zusammengestellt: Becquerel, La lumière. Bd. 2, S. 91.

3) Philos. Magaz. Nov. 1842.

4) Claudet, Philos. Transact. 1847. Daguerreian Journ. 1851. Bd. 1, S. 161.

5) Compt. rend. Bd. 23, S. 679. Fortschr. d. Phys. 1846. S. 235.

stattgefunden, auf der Seite der weniger brechbaren Strahlen dagegen, und zwar weit über das Roth hinaus, war keine Ablagerung der Dämpfe zu bemerken. Diese Strahlen hatten aber die Wirkung der Lampe neutralisirt; Foucault und Fizeau nannten daher ihre Wirkung eine negative im Gegensatz zur positiven der brechbaren Strahlen. Verändert man die Zeitdauer, während welcher das Spectrum auf der Platte wirkt, so ändert sich die Lage für das Maximum der negativen Wirkung. Ausserdem bemerkt man, dass zwischen den entschieden positiv und entschieden negativ wirkenden Strahlen eine Klasse von Strahlen existirt, die bald den einen, bald den andern Einfluss haben, je nach ihrer Intensität oder der Dauer ihrer Einwirkung. Diese Strahlen, welche besonders in Orange ihre Stelle haben, wirken negativ, wenn sie schwach sind oder kurze Zeit einwirken, im entgegengesetzten Falle geben sie ein positives Resultat.

Auch Claudet wies 1847 nach, dass die rothen und gelben Strahlen des Spectrums die Wirkung der anderen (namentlich blauen) Strahlen auf Brom-, Jod- oder Chlorsilber (Daguerreotypplatten) verhindern oder eine stattgehabte Wirkung wieder vernichten, so dass Quecksilberdämpfe kein Bild hervorrufen; später fand er[1]), dass rothes und gelbes Licht immer eine negative oder zerstörende Wirkung auf Bromjod- oder Bromchlorplatten ausübt, dagegen auf reine Jodsilberplatten bald im selben Sinne wie Blau, bald negativ wirkt. Was die relative Wirkung der einzelnen Strahlen anbelangt, so braucht nach Claudet rothes Licht die Zeit 50, orangefarbenes 15, gelbes 18, um die Wirkung des weissen Lichtes, welches durch die Zeit 1 gedauert hat, aufzuheben.

Draper erhielt auf Daguerreotypplatten durch Exposition an das Spectrum und gleichzeitige Einwirkung von schwachem diffusen Tageslichte Solarisationserscheinungen von *G* bis ins Infraroth (s. S. 244), wobei die Fraunhofer'schen Linien positiv erschienen[2]).

Photographirt man auf eine Jodsilberplatte (Collodion-Verfahren) ein Spectrum, indem zugleich schwaches Tageslicht Zutritt hat, so zeigt nach Abney[3]) die Photographie drei Regionen. 1. Eine mittlere, die von der Grenze zwischen Grün und Blau sich bis ein wenig jenseits vom Anfang des Violett erstreckt; hier ist das Silberjodid unter dem Einflusse des Entwicklers geschwärzt. 2. Eine Partie von der obigen Grenze bis zu der theoretisch unteren Grenze des prismatischen Spectrums, wo die Wirkung des Tageslichtes vollkommen von der des Sonnenlichtes

1) Philos. Magaz. Bd. 32, S. 199. Fortschr. d. Physik. 1848. S. 194.
2) Phot. Corresp. 1874. S. 68. Fortsch. d. Physik. 1874 S. 507.
3) Philos. Magaz. (5) Bd. 11, S. 300. Ann. Phys. Chem. 1881. S. 509.

aufgehoben ist. 3. Eine ebensolche geschützte Gegend im Violett, die indes schwächer als die zweite ist.

Waterhouse[1]) fand, dass jede Art des Spectrallichtes (vom Roth bis zum Violett) eine vorausgegangene Lichtwirkung auf Bromsilber aufheben könne. Er beobachtete, dass trockene, mit Anilinblau schwach gefärbte Bromsilbercollodionplatten, wenn sie vor der Exposition im Spectralapparate dem diffusen Tageslicht ausgesetzt werden, bei der alkalischen Entwickelung umgekehrte (positive) Photographien der äussersten rothen und infrarothen Strahlen des Sonnenspectrums geben. Auch die blauen und violetten Strahlen zwischen *F* und *H* wirken bei gefärbten und ungefärbten Bromsilberplatten nach zu langer Exponirung oft umkehrend, so dass die Fraunhofer'schen Linien positiv erscheinen.

Von höchster Wichtigkeit sind Abney's neue Untersuchungen über den Solarisationsprocess. Er zeigte, dass die Solarisationserscheinung besonders stark hervortritt, wenn die photographischen Platten unter dem Einflusse von Oxydationsmitteln exponirt werden.

Abney fand, dass Bromsilber- oder Jodsilber-Collodionplatten in einer Wasserstoff- oder Stickstoffatmosphäre, oder unter reducirenden Lösungen wie Pyrogallussäure, Gallussäure, Eisenvitriol, Kaliumferrooxalat etc. im Spectrum nicht solarisiren, ja dass nunmehr die Wirkung sich viel weiter ins Roth oder Infraroth erstreckt[2]). Bromsilbercollodion unter einer Lösung von schwefligsaurem oder salpetrigsaurem Natron in Wasser oder Glycerin exponirt, lässt ein normales Bild bis zur Linie *A* und sogar ins Ultraroth entwickeln, während unter gewöhnlichen Umständen nur die Linie *B* erschien[3]). Daraus folgt, dass die negative (solarisirende oder umkehrende) Wirkung des Lichtes nur bei Gegenwart von Sauerstoff erfolgt. — Unter gewöhnlichen Umständen (also bei Luftzutritt) tritt die Solarisation im Roth und Violett ein. In oxydirenden Gasen oder Flüssigkeiten aber verläuft der Process häufig ganz anders, wie besonders Abney's neueste Untersuchungen[4]) zeigen.

Eine Jodsilbercollodionplatte wurde nach der Sensibilisirung dem zerstreuten Tageslicht ausgesetzt, gewaschen und in einer Lösung[5]) von 1 Proc. Jodkalium dem Spectrum exponirt[6]). Der Effect ist in Curve 1,

1) Lond. R. Soc. Proc. 24, 186. Jahresber. Chem. 1876. 155. Phot. Mitth. Bd. 12, Seite 248.

2) Phot. Mitth. Bd. 15, S. 74 und 96.

3) Phot. News. 1878. S. 389.

4) Phot. News. 1880. S. 454. Auch Phot. Wochenbl. 1881. S. 257.

5) Abney bedient sich hierbei einer Glaswanne mit plan-parallelen Glaswänden.

6) Dann mit Eisenvitriol und Silbernitrat entwickelt.

Fig. 39 u. 40, dargestellt; es wirken dieselben Strahlen solarisirend, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen das normale Bild (punktirte Curve 1.) erzeugen nämlich Violett bis Grün. Eine ähnliche Platte wurde eben so lange in einer einprocentigen Bromkaliumlösung exponirt (2.); es erfolgte Umkehrung im Blau und Roth, aber in letzterem weniger stark. War die Bromkaliumlösung angesäuert, so erfolgte die Umkehrung rascher, langsamer dagegen, wenn sie alkalisch war, in welchem Falle die Wirkung nur im Blau, nicht im Roth erfolgte.

Eine analog präparirte und vorbelichtete Jodsilberplatte wurde gewaschen und ohne jede Flüssigkeit dem Spectrum exponirt; es erfolgte Solarisation im Blau, aber nicht so ausgedehnt, wie in Jod- oder Bromkaliumlösung. — Eine vorbelichtete Jodsilberplatte in einer schwachen Kaliumbichromat-Lösung gab eine starke Umkehrung im Roth, nicht im Blau (3.). — In Hypermanganatlösung war dieselbe Umkehrung, wie mit Chromat, gefunden, es kam aber im Blau ein normales Bild dazu (4.); mit Wasserstoffhyperoxyd zeigte sich eine analoge Wirkung, wie mit Hypermanganat, nur reichte die Umkehrung weiter ins Grün (5.). — Mit sehr verdünnter Bichromat- oder Hypermanganatlösung wird Roth und Gelb ein schwaches normales Bild erhalten, dagegen eine Umkehrung im Blau (punktirte Curven 4. und 5.). — Mineralsäuren bewirken eine kräftige Umkehrung in Blau, sowie im Roth, mit Ausnahme eines Theils von Grün (6.).

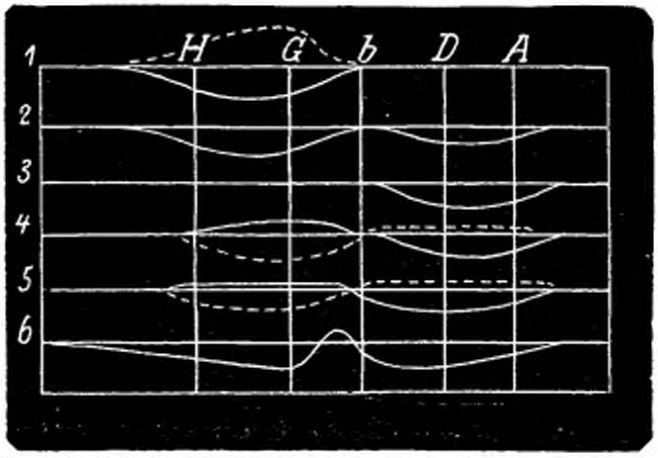


Fig. 39. Die Curven unterhalb der Horizontalen zeigen die umkehrende Wirkung (positives Bild); die oberhalb die gewöhnliche Wirkung (negatives Bild).

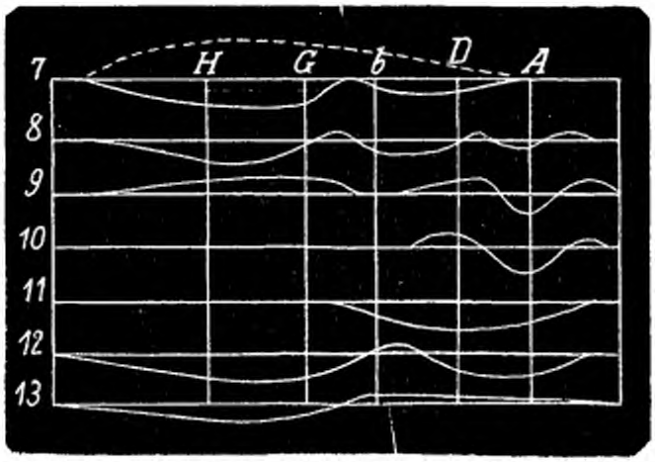


Fig. 40. Die Curven unterhalb der Horizontalen zeigen die umkehrende Wirkung (positives Bild); die oberhalb die gewöhnliche Wirkung (negatives Bild).

Gewöhnliche Bromsilbercollodion- oder Gelatine-Emulsion mit Pyro- oder Eisenoxalat-Entwickelung gibt ein normales Bild bis *A* (punktirte Curve 7.). Wird aber eine Bromsilbercollodionplatte zuvor dem Tageslichte kurze Zeit ausgesetzt, dann in einer fünfprocentigen angesäuerten Bromkaliumlösung dem Spectrum exponirt, so erfolgt energische Um-

kehrung (4.), welche nicht unähnlich jener ist, welche Jodsilber unter Bromkalium zeigt (2.); unter alkalischer Bromkaliumlösung zeigt das Spectrum drei Maxima der Wirkung (8.), wovon das eine im Roth gelegene, analog der Oxydationscurve 9. und 10. ist. — In Kaliumhypermanganat tritt neben einem normalen Bild im Blau, eine Umkehrung im Roth und Infraroth auf (9.); dieselbe Umkehrung zeigt sich in Kaliumbichromat (10.). — Auch auf zuvor belichteten Bromsilber-Gelatineplatten bewirken die weniger brechbaren Strahlen die Umkehrung (11.). Die Wirkung von Mineralsäuren auf vorbelichtetes Bromsilber im Spectrum zeigt 12. (ziemlich ähnlich dem Effect bei Jodsilber).

In 13. ist endlich das Phänomen, welches durch Ueberexposition von Bromsilber (unter den gewöhnlichen Verhältnissen) erhalten wird; es tritt hierbei nur die Umkehrung im Blau, nicht aber im Roth auf.

Brom-Collodionplatten in Benzin, wässerigem Kaliumnitrit, Pyrogallol- oder Natriumsulphit-Lösungen geben keine Umkehrung. Bei Bromsilber-Gelatineplatten wirken diese Substanzen (mit Ausnahme von Benzin) ebenso. — In Ozon erscheint die Wirkung ähnlich wie bei 12., sowohl bei Bromsilber, als bei Jodsilber.

Abney zieht hieraus folgende Schlüsse: 1. Die Umkehrung (Solarisation) wird nicht herbeigeführt durch die Oxydation der im ersten Momente durch Licht gebildeten niederen Jod- oder Bromstufen des Silbers. 2. Die Oxydation wird durch Licht herbeigeführt, wobei die am wenigsten brechbaren Strahlen am kräftigsten wirken. 3. Auch die Gegenwart eines Haloidsalzes der Alkalien bewirkt Umkehrung, wobei indes gleichzeitig die Wirkung 1. auftritt. 4. Mineralische Säuren wirken ebenso kräftig auf die Umkehrung des Bildes.

Ueber die sog. fortsetzende Wirkung der gelben und rothen Strahlen des Spectrums nach Becquerel siehe Photographische Anfangswirkung VI. Capitel.

S) Das Verhalten einiger anderer photographisch wichtiger Verbindungen im Spectrum.

Chromate. — Auf Papier, welches mit Kaliumbichromatlösung getränkt und getrocknet ist, erreicht nach Becquerel[1]) die Bräunung im Spectrum ihr Maximum im Beginn des Blau in der Nähe der Linie *F* etwas mehr gegen das Violett zu. Die Wirkung scheint ganz aufzuhören am Ende des Grün in der Nähe der Linien *b* und *E*; durch die violetten und ultravioletten Strahlen erfolgt gleichfalls die Zersetzung.

1) Becquerel, La lumière. Bd. 2, S. 95. — Vergl. auch Abney, Phot. News. 1882. S. 300.

bei *M* wird aber die Wirkung fast unmerklich. Bei fortgesetzter Belichtung sieht man sogar die Spectrallinien gelb auf braunem Grunde; bei Behandlung mit verdünnter Jodtinctur treten die Linien blau auf hellem Grunde hervor.

Auf ein zuerst mit Kupfervitriollösung (1 : 8), dann mit Kaliumbichromatlösung getränktes und getrocknetes Papier wirkt das Licht bräunend und zwar nach Herschel[1]) beginnt diese Wirkung in der Nähe des Blau, erstreckt sich über das Violett hinaus, um so viel als die Breite dieser Strahlen beträgt und allmählich schreitet sie bis ans Ende des Grün, ja bei sehr langer Exposition bis zum Gelb vor; dann beginnt die Bräunung zu verschwinden und auszubleichen. Die Bleichung beginnt am Ende des Violett und schreitet dann allmählich beiderseits vor.

Eisenverbindungen. — Auf ein Gemisch von Eisenchlorid und Oxalsäure wirkt nach Marchand[2]) das Spectrum am stärksten im Blau. Die relative Zersetzung ist folgende: Im Roth 5,7, im Orange 9,9, im Gelb 43,1, im Grün 134,1, im Blau 615,8, im Indigo 370,0, im Ultraviolett 52,1.

Das citronensaure Eisenoxyd-Ammoniak auf Papier aufgetragen wird vom Violett bis ins Blaugrün bei *E* reducirt (Draper). Nach Reynolds[3]) ist die Wirkung des Spectrums auf oxalsaures Eisendoxyd-Papier ziemlich ähnlich der auf Chlorsilberpapier. (Vergl. auch Abney, Phot. News. 1882. S. 300 und Jodin, Ber. d. deutsch. chem. Gesellschaft. 1882. S. 1465.)

T) Bedeutung der spectrographischen Untersuchungen für die practische Photographie.

Die Untersuchungen über die Wirkungen des farbigen Lichtes auf die photographisch verwendeten lichtempfindlichen Substanzen sind von hoher practischer Bedeutung. Die Wahl der farbigen Gläser für die Dunkelkammer hängt in erster Linie von der Kenntniss der jeweiligen unactinischen Strahlen ab. Da z. B. die nassen Jodsilbercollodionplatten für Gelb sehr wenig empfindlich sind, so wird man die gesammten Operationen ohne Schaden bei hellem gelben Lichte vornehmen können; Bromsilber-Gelatineplatten sind aber viel empfindlicher für die schwächer brechbaren Strahlen (orange, gelb, grün) und deshalb muss beim Arbeiten mit solchen Platten die Dunkelkammer mit rubinrothen Glasfenstern versehen sein.

---

1) Hunt's Researches on Light. 1854. S. 176.

2) Etude sur la force chimique contenue dans la lumière. 1875.

3) Kreutzer, Zeitschr. f. Photogr. 1862. S. 186.

Für die Aufnahme von farbigen Gegenständen (Gemälden) ist die Anwendung sog. orthochromatischer Platten, welche mittels Farbstoffen für Grün, Gelb und womöglich auch für Roth sensibilisirt wurde, von höchster Bedeutung und in gewisser Richtung auch für die Landschafts-, Mikro- und Spectral-Photographie. Zum Studium der Farbenempfindlichkeit photographischer Präparate ist der Spectrograph das verlässlichste Hilfsmittel, weil das Spectrum völlig reine Farben liefert, während farbige Bänder oder Malerfarben stets Mischfarben sind.

An trüben Tagen, speciell an nebligen Wintertagen, bei untergehender Sonne ist das zur Erdoberfläche gelangende Licht arm an violetten und ultravioletten Strahlen, während es relativ reich an blauen, grünen, gelben etc. Strahlen ist; in solchen Fällen steht das nasse Jodsilber-Collodionverfahren dem trocknen Bromsilber-Gelatineverfahren enorm zurück, da die Empfindlichkeit des ersteren bei weitem mehr von den ultravioletten Strahlen abhängt, als die des letzteren, für welches noch Grün und Gelb sehr actinisch sind. Aehnliches gilt von dem Copirverfahren mit Chromsalzen, welche namentlich an trüben Tagen dem Chlorsilberpapier an Empfindlichkeit überlegen sind.

Da auf jede Art von lichtempfindlichen Substanzen andere Lichtstrahlen des Spectrums besonders lebhaft einwirken, so soll man dies bei der Construction von Photometern (Actinometern) wohl beachten. Niemals läuft unter meteorologisch verschiedenen Verhältnissen z. B. die Lichtwirkung auf Silber- und Chrompapiere parallel. Deshalb soll man die Expositionszeit der chromirten Pigmentpapiere mit Chromsalz-Photometern messen, die für Silbersalze mit Silbersalz-Photometern.

FÜNFTES CAPITEL.

WIRKUNG VON FARBSTOFFEN UND FARBLOSEN MEDIEN IN BEZUG AUF DIE PHOTOGRAPHIE.

I. Wirkung von farbigen Gläsern und Farbstoffen.

a) Farbige Gläser. Das durch rothe, gelbe etc. Gläser fallende Licht ist durchaus nicht identisch mit den einfachen Farben des Spectrums. Ein scheinbar einfarbiges Glas lässt fast immer Licht durch, welches durch das Prisma in mehrere Farben zerlegt wird; so z. B. besteht das durch orangefarbiges Glas fallende Licht aus Roth, Gelb und Grün, das rothe Kupferoxydulglas lässt neben Roth noch Orange, das blaue Kobaltglas neben Blau und Violett auch Strahlen von Gelb und äusserstem Roth durch. Diese Verhältnisse lassen sich leicht beobachten, wenn man das fragliche Glas gegen den Himmel gewendet vor einen kleinen Spectralapparat hält. Die vom farbigen Medium absorbirten Strahlen fehlen nunmehr im Spectrum.

Ed. Becquerel hat bei Verwendung farbiger Gläser viele äusserst interessante Erscheinungen beobachtet, die wir aus seiner interessanten „Memoire“ ausziehen wollen. (Annales de Chimie et de Physique, 1843, tome 9.)

Rothes Glas, mit Kupferoxydul gefärbt. Man muss ein ziemlich dunkelrothes Glas nehmen, weil dies ein reines Roth zeigt und fast monochromatisch ist, indem es den grössten Theil des Roth und den Anfang des prismatischen Orange durchlässt. Wenn man ein solches Glas vor das Strahlenbündel bringt, welches man, um ein recht intensives Spectrum zu erhalten, ganz auffängt, so sieht man auf der matten Tafel, dass die Lichtpartie zwischen *A* und der Mitte des Orange eine sehr deutliche, rothe Färbung zeigt und die dunkeln Linien *a* ziemlich scharf hervortreten. Das Bild endet hinter *A* und hört auf der andern Seite zwischen *C* und *D* plötzlich auf. Gegen *F* hin erkennt man ausserdem einen matten Lichtschimmer, was darauf hindeutet, dass Strahlen von dieser Brechbarkeit hindurchgehen.

Wenn man das Spectrum auf einer schon belichteten Jodsilberschicht aufnimmt, zeigt sich bei kräftigem Sonnenlichte nach Verlauf von zwei Stunden ein Bild auf der Platte, sobald man sie Quecksilberdämpfen ausgesetzt hat. Dies Bild entspricht genau

dem hellen Theile im Roth und schliesst mit denselben Linien ab. Die dunkeln Stellen *a* sind ziemlich scharf wiedergegeben, ausserdem erkennt man eine schwache Wirkung nach *EF* hin, ein Beweis, dass Strahlen von dieser Brechbarkeit auf die Platte wirkten.

Auch beobachtet man mit Hilfe eines solchen rothen Glases, dass dort, wo das Licht vollständig absorbirt wird, keine chemischen Strahlen liegen.

Andere weniger dunkelrothe Gläser geben dasselbe Resultat, nur erhält man obendrein noch die gegen *F* liegenden Strahlen auf der Platte. Man sieht also, dass tief dunkelrothe Gläser auch Strahlen von anderer Brechbarkeit als das Roth durchlassen.

Goldgelbes Glas. Wenn man vor dem Prisma ein hellgelbes Glas anbringt, bemerkt man, dass der am wenigsten brechbare Theil des Spectrums, d. h. der zwischen *A* und *F* gelegene, vollständig hindurchgeht, während die blauen, indigofarbenen und violetten Strahlen theilweise absorbirt werden, weshalb über *G* hinaus keine Spur von Licht wahrgenommen wird. Wird dies Spectrum auf schon belichtetem Jodsilber aufgenommen, so zeigt sich zwischen *A* und *F* eine Einwirkung, welche von den am wenigsten brechbaren Strahlen herrührt, aber man bemerkt auch eine Einwirkung in den brechbarsten Strahlen, die auf einer Seite bis *J* geht, auf der anderen zwischen *G* und *F* auftritt. Dies Glas wirkt also in gleicher Weise auf die chemischen Strahlen und auf die leuchtenden Strahlen

Blaues Glas (Kobaltglas). Höchst seltsam wirken Glasplatten, die bei durchgehendem Lichte azurblau aussehen, auf das Spectrum ein. Wenn sie sehr dunkel sind, theilen sie das Spectrum bloss in zwei Theile. Zuerst sieht man die rothe Partie *A C*, dann einen dunkeln Zwischenraum *C F* und dann die blaue, indigofarbene und violette Partie, welche fast ohne Absorption hindurchzugehen scheint. Wenn man ein ziemlich hellblaues Glas verwendet, sieht man zuerst die Partie *A C* in ziemlich intensivem rothen Lichte, so dass also die rothen Strahlen fast ohne Absorption hindurchgehen müssen; dann kommt eine gelbe Stelle, die von *D* bis in die Mitte von *D E* geht, aber weniger hell ist, als das prismatische Gelb. Es findet hier also partielle Absorption statt. Der Zwischenraum zwischen diesen beiden hellen Stellen ist weit dunkler, aber in der Mitte, zwischen *C* und *D*, ist ein schwaches Orange bemerkbar; in *E* erblickt man einen erhellten Theil *E H*, der am Ende des Grün beginnt und an der äussersten Grenze des Violett aufhört. Es treten also vier erhellte Theile auf, die durch drei grosse dunkle Streifen getrennt sind (s. Fig. 42, No. 9).

Lässt man dies Spectrum auf Jodsilber wirken, so zeigt sich zuerst eine Wirkung von *N* nach *F*. War das Jodsilber vorher belichtet, so entsteht nach $1^1/_2$ stündiger Einwirkung nicht nur in den brechbarsten Strahlen, sondern auch von *F* nach *E* und von *C* nach *A* ein Bild vom erhellten Theile des Spectrums; aber der Zwischenraum *C E* bleibt auf der Platte unverändert, denn die Intensität der gelben Strahlen scheint nicht über *A C* hinauszugehen, es muss also gegen *D* hin eine ziemlich starke Absorption stattfinden. Als aber die Platte $3^1/_2$ Stunden belichtet wurde, sieht man eine Einwirkung, die dem gelben Theile, nach *D* hin, entspricht.

Später haben noch Hunt[1]), Abney[2]), Vogel[3]), Eder u. A. die Absorption des farbigen Lichtes durch gefärbte Gläser, sowie die chemische Wirksamkeit des durchgegangenen Lichtes studirt.

---

1) Researches on light. 1854. S. 303.

2) Phot. Corresp. 1879. S. 83.

3) Spectralanalyse irdischer Stoffe. 1877.

Aus allem geht hervor, dass man Versuche über photographische Farbenempfindlichkeit von Präparaten niemals unter farbigen Gläsern, sondern im Spectrum machen soll. Nur dann, wenn es auf wochen- oder monatelang andauernde Wirkung ankommt, nimmt man zu gefärbten Gläsern Zuflucht, indem man aber wohl darauf sieht, dass man die Gläser derartig wählt, combinirt oder mit künstlichen Farbstoffen färbt, dass sie monochromatisches (einfarbiges) Licht durchlassen.

Andererseits ist die Kenntniss der Absorption gefärbter Gläser gegen das Licht von grossem Einflusse auf die Wahl derselben: 1. für die Beleuchtung der Dunkelkammer, 2. für die „Lichtfilter" bei orthochromatischen Aufnahmen farbiger Objecte, d. i. zum Abschwächen gewisser farbiger Strahlen, welche bei der photographischen Aufnahme zu kräftig wirken.

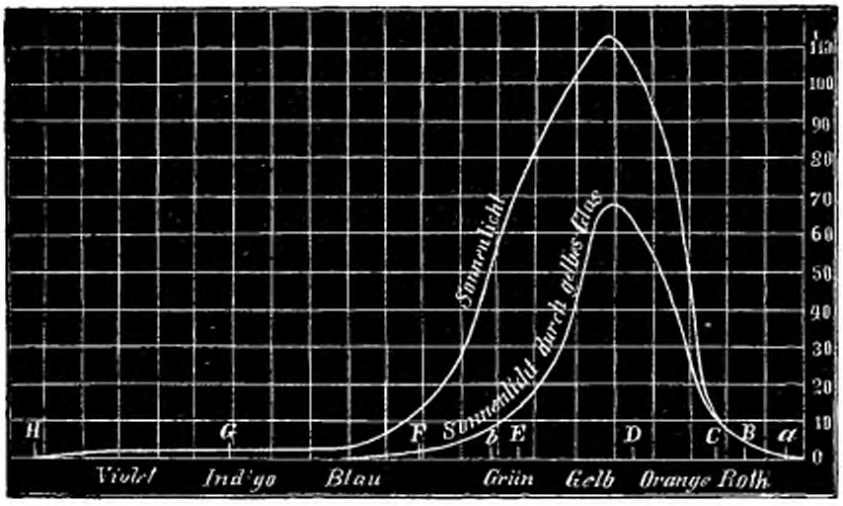


Fig. 41.

Die graphische Darstellung in Fig. 41 gibt ein deutliches Bild über die relative optische Helligkeit des Spectrums des directen Sonnenlichtes[1]) und des durch gelbes Glas gegangenen Lichtes. Die Höhe der Ordinaten gibt das Mass der Helligkeit für jeden Theil der Curve. Man sieht hieran, dass der grösste Effect für das menschliche Auge durch die gelbgrünen Strahlen erzielt wird. Gelbes Glas (sog. Kohlen-Glas) verschluckt völlig das Violett, Indigo und den grössten Theil des Blau; es schwächt das Blaugrün und lässt Grün, Gelb und Orange, sowie den grössten Theil des Roth durch. wie aus der Curve in Fig. 41 hervorgeht.

In Fig. 42 wird in anderer Weise das Verhalten verschiedenfarbiger Schichten gegen das durchdringende Sonnenlicht dargestellt.

---

1) Für eine mittlere Sonnenhöhe nach Abney (Philosoph. Transact. London. for 1887).

Die Linien *A* bis *H* stellen die Fraunhofer'schen Linien des Sonnenspectrums vor. Die schwarzen Stellen der einzelnen Streifen zeigen an, welche Strahlen von den farbigen Schichten verschluckt werden; die hellen Stellen zeigen das nahezu ungeschwächt durchgehende Licht an, die schattirten Stellen entsprechen der theilweisen Absorption der Lichtstrahlen. No. 1 gibt das Absorptionsspectrum einer wässerigen Lösung von Chininsulfat an, welche bläulich fluorescirt und das gesammte Ultraviolett absorbirt, dagegen das sichtbare Spectrum kaum merklich schwächt. No. 2 zeigt die Absorption einer mit Aurin[1]) gefärbten Schicht, No. 3 die Absorption von grünem Glase, No. 4 von rothem Ueberfangglas (Kupferoxydulglas), No. 5 von orangegelbem Glase, No. 6 von Naphthalinroth, No. 7 von Chrysoidin[2]), No. 8 von rubinrothem Gold-Glas, No. 9 von blauem Cobalt-Glas.

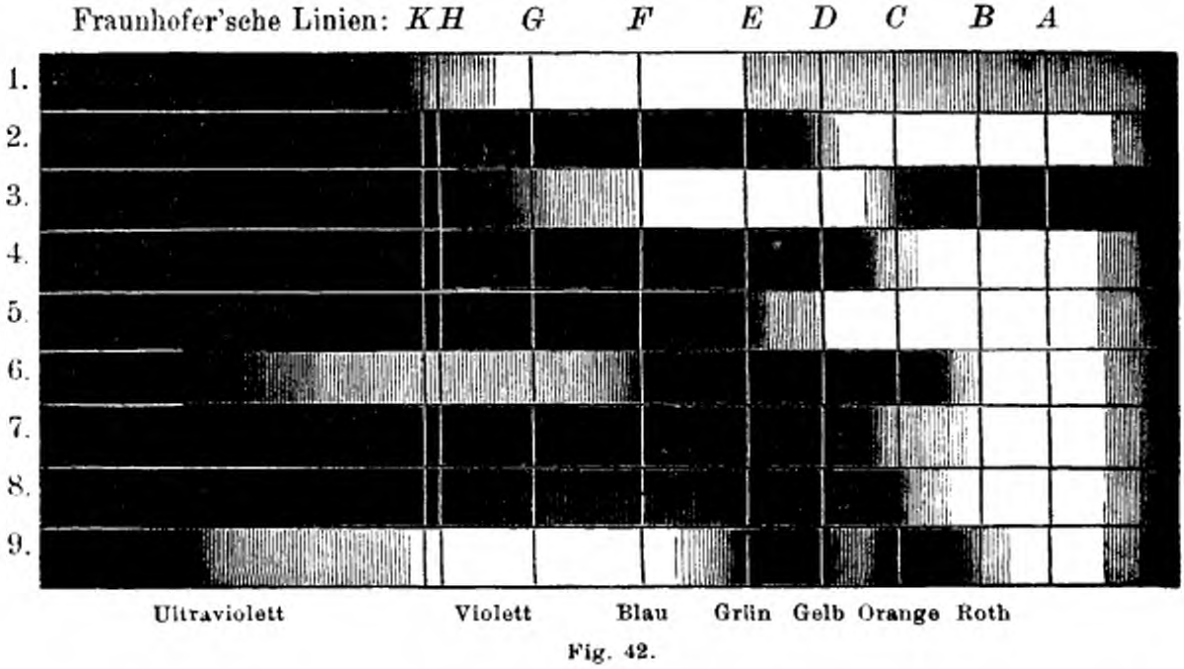


Fig. 42.

Vergleicht man die bereits im Capitel IV beschriebene Lichtempfindlichkeit der photographischen Präparate gegen die verschiedenfarbigen Strahlen des Sonnenspectrums, so kann man leicht eine Auswahl treffen, um die photographische Dunkelkammer mittels entsprechender farbiger Gläser zu erhellen.

Für das nasse Collodionverfahren mit Jodsilber, sowie für die Daguerreotypie sind gelbe Dunkelkammergläser vollkommen entsprechend, weil dieselben das ultraviolette, violette und indigoblaue Licht vollkommen absorbiren und das hellblaue und blaugrüne Licht stark

1) D. i. ein rothgelber Theerfarbstoff

2) Eine orangerothe Farbe.

schwächen; das durchdringende grüne, gelbe und rothe Licht wirkt aber auf nasse Collodionplatten sehr wenig ein. Solche gelbe Dunkelkammergläser sind auch für das Copirverfahren mit Chlorsilber, Chromsalzen, Eisenoxalat zu verwenden. Dagegen genügt gelbes Licht nicht für hochempfindliche Bromsilbergelatineplatten oder Jodbromgelatineplatten, weil diese für hellblaues und blaugrünes Licht noch sehr empfindlich sind und solches Licht durch gelbes Glas und sogar orangegelbes Glas durchdringt. Für solche Platten ist am sichersten das rothe Ueberfangglas (Kupferoxydulglas), während das Rubin-Goldglas eine ziemliche Menge von blauem und violettem Lichte durchlässt, welches nach längerer Zeit auf die empfindliche Schicht wirkt (s. Fig. 42, No. 8).

Für Chlorsilberschichten ist sogar das weisse, durch Chininsulfat gegangene Licht sehr unwirksam und eventuell zur Erleuchtung der Dunkelkammer zu verwenden, weil es das ultraviolette Licht um die Fraunhofer'sche Linie *H* absorbirt, welches auf Chlorsilber am meisten einwirkt; jedoch ist gelbes Glas sicherer, weil es auch das sichtbare Violett absorbirt.

Die Combination von Gold-Rubinglas und rothem Kupfer-Glas gibt ein sehr unwirksames tiefrothes Licht, welches nahezu reines Roth ist. Der Effect anderer Combinationen ist aus der Fig. 42 zu entnehmen.

Als gelbe Lichtfilter bei orthochromatischen Aufnahmen müssen gelbe Schichten dienen, welche das Violett und Blau sehr stark, das Grün, Gelb und Roth aber möglichst wenig absorbiren. Am günstigsten sind jene Farbstoffe, welche das Violett und Blau mit steigender Concentration allmählich stärker absorbiren und bei welchen die Absorption mit steigender Concentration allmählich weiter gegen Grün rückt. Dieser Anforderung entspricht: 1. gelbes Glas (Kohlenglas), 2. Aurantia, ein orangegelber Theerfarbstoff, welcher mittels Collodion auf Glas aufgetragen wird, 3. Tropäolin in Collodion, 4. eine wässerige Lösung von Kaliumbichromat, 5. eventuell eine conc. Lösung von Pikrinsäure, welche jedoch für manche Zwecke zu viel blaues Licht durchdringen lässt [1]) etc. etc.

b) Farbige Pigmente (Malerfarben, gefärbte Zeuge). Die Wirkung von gefärbten Pigmenten (Malerfarben, gefärbten Zeugen etc.) ist ebenso wenig wie die von gefärbten Gläsern identisch mit jener der Spectralfarben, ja der photographische Effect einer Farbe ist ausser von der Farbennuance noch von mehreren anderen Factoren, insbesondere der Art der verwendeten photographischen Platte abhängig.

---

1) Die genauen Vorschriften zur Herstellung solcher „Lichtfilter" siehe in dem dritten Bande dieses Werkes (4. Aufl.).

Babbage[1]) machte schon 1857 aufmerksam, dass die photographische Wirkung einer gefärbten Schicht im reflectirten Licht abhängt: 1. von der Farbe allein; 2. von der Natur des photographischen Verfahrens (Daguerreotypie, Collodionverfahren etc.); 3. von der chemischen Zusammensetzung der Farbe; 4. von der Natur des Bindemittels oder Lösungsmittels der Farbe (Gummi, Oel, Alkohol etc); 5. von der Natur der Oberfläche (geglättet oder nicht) und dem Stoffe selbst (Papier, Porcellan etc.); 6. es werden die relativ verschieden starken Intensitäten derselben Farben mitunter gleich stark zu verschiedenen Zeiten desselben Tages; 7. sind diese verschiedenen relativen Intensitäten verschieden an verschiedenen Tagen; 8. werden diese verschiedenen Intensitäten durch die Natur des photographischen Verfahrens geändert.

Weisses Papier reflectirt nach Vierordt $^1/_{300}$ des auffallenden Lichtes.

Wenn man verschieden gefärbte Papierstreifen mittels Jodcollodion (nasses Verfahren mit Entwickelung) photographirt, so wirken die gelben und rothen Streifen sehr wenig; das unterliegt jedoch zuweilen einer kleinen Abänderung, indem die Wirkung einiger sehr hellrother Farben nicht selten sehr gross ist, weil sich nicht unmittelbar sichtbare actinische Strahlen abspiegeln, so z. B. Carmin und Neapelgelb. Nach einer von Clarke gegebenen Tabelle[2]) zeigen folgende Farbstoffe auf Papier aufgetragen nachstehende Wirkung und zwar auf Jod-, Jodbrom- oder Bromcollodion (nasses Verfahren, Aufnahme in der Camera bei gleich langer Exposition) in gleichem Grade:

1. Gummigutti . keine Wirkung,
2. Chromgelb . do.
3. Neapelgelb . mittelmässige Wirkung,
4. Chromroth . keine Wirkung,
5. Cochenilleroth do.
6. Carmin . . schwache Wirkung,
7. Cobaltblau Wirkung stark, aber nicht wie bei Weiss,
8. Ultramarin Wirkung etwas schwächer als bei Cobalt,
9. Indigo . . schwach.

Ueber die Exposition in der Camera bei verschiedenfarbigen Aufnahmsobjecten gibt Vidal[3]) folgende Tabelle:

Farben:	Sonnenschein:	Zerstreutes Licht:
Schwarz	4 Min. — Sec.	15 Min.
Dunkelroth	4 „ — „	12 „
Dunkelgrün	3 „ — „	12 „
Dunkelbraun	3 „ — „	12 „
Dunkelgelb	4 „ — „	15 „
Hellroth	1 „ 30 „	5 „
Hellgrün	1 „ 30 „	3 „
Hellbraun	2 „ — „	3 „
Hellgelb	1 „ 30 „	4 „
Dunkelgrau	1 „ 30 „	2 „
Hellgrau	— „ 40 „	— „
Weiss	— „ 20 „	— „

1) Journ. of the Phot. Society of London. 1857. Bd. 3, S. 199. Kreutzer Jahresber. Phot. 1857. S. 446.

2) Kreutzer, Zeitschr. f. Photogr. 1862. Bd. 6, S. 33; aus Phot. News. Bd. 5, Seite 496.

3) Vidal, Calcul des temps de pose. 1865. Phot. Arch. 1865. S. 283.

H. W. Vogel[1]) publicirte eine sehr instructive photographische Farbentafel, worin er die gefärbten Papiere und photographischen Copien gegenüberstellte[2]). Es wirkt Neapelgelb, Lichtocker und Krapproth ziemlich stark, dagegen Berlinerblau und Indigo nur schwach auf photographische Platten wirken; dagegen wirken Ultramarin, Cobaltblau wie Weiss, Chromgelb, Mennige und Zinnober wie Schwarz.

Im Allgemeinen erscheinen bei Aufnahmen mit gewöhnlichen photographischen Platten, nämlich nassen Collodionplatten und Bromsilbergelatineplatten, die blauen und violetten Farben **hell,** während die gelben Farben **dunkel** wiedergegeben werden.

Würden alle Farben der Natur, welche gelbe und rothe Farben zeigen, auf die gewöhnlichen photographischen Platten nicht wirken, so müssten sie in der Photographie ganz dunkel erscheinen; aber glücklicher Weise reflectiren sie ziemlich viel zerstreutes Licht und deshalb werden sie beim Photographiren sichtbar. Immerhin sieht man sich genöthigt, die Unthätigkeit der rothen und gelben Farben durch längere Exposition auszugleichen.

Dank diesen Eigenthümlichkeiten können wir in der Photographie mit grösserer oder geringerer Wahrheit die äusseren Gegenstände wiedergeben. Wenn diese Gegenstände active Farben neben unactiven zeigen, so wird die Expositionszeit bedeutend verlängert, indem man dabei den letzteren Gelegenheit zur Einwirkung geben muss. Niemals entspricht aber die erlangte Wirkung genau derjenigen, die man bekommen würde, wenn Jod- und Bromsilber gegen alle farbigen Strahlen in gleicher Weise wie das Auge empfindlich wären.

Aus dem Vorhergehenden ersieht man, welche Schwierigkeiten zuweilen bei der Aufnahme verschieden gefärbter Gegenstände, z. B. eines Blumenstrausses, eines Gemäldes, zu überwinden sind. Die vom Maler beabsichtigte Farbenwirkung kann in der photographischen Copie eines Gemäldes geradezu umgekehrt erscheinen. Die lebhaft gelb, roth oder orange gemalten Partien, welche hervortreten, den Blick zunächst fesseln sollen, kommen in der Photographie nur sehr schwach, während sie die ruhiger gehaltenen violetten oder blauen Tinten mit ausserordentlicher Kraft wiedergibt. Durch die Anwendung von Bromsilbergelatine, Verlängerung der Aufnahmezeit und das Aufnehmen bei sehr lebhaftem Licht lassen sich indess diese Schwierigkeiten, mit welchen namentlich die älteren Photographen, welche Jodcollodion verwendeten, zu kämpfen hatten, bedeutend abschwächen; der Grund liegt darin, weil die Bromsilbergelatine ausser für Violett und Blau für Blaugrün und Grün (also

1) Dessen Lehrbuch der Photographie. 1879. (Auch 4. Aufl. 1890.)

2) S. auch Vogel, Poggend. Ann. 1874. Bd. 153, S 243.

für die weniger brechbaren Strahlen) empfindlicher, als eine nasse Jodsilbercollodionplatte ist.

Auf alle Fälle ist die Wiedergabe des Helligkeitswerthes der Farben durch die Photographie mit gewöhnlichen Platten nicht zu erreichen, wenn viele blaue und violette Farben neben gelben, grauen und rothen vorkommen, weil die ersteren Farben in der Photographie zu hell, die letzteren zu dunkel kommen.

Die abweichende photographische Wirkung gewisser Farben ist auch für die Porträtphotographie von Belang; Manche zeigen sich erstaunt, wenn violette Kleider fast weiss, hellrothe Objecte schwarz erscheinen.

Lila, Himmelblau, Violett wirken als Costüme für aufzunehmende Personen meistens wie Weiss und zeichnen sehr hell. Maisfarbe und Lachsgelb sind besser. Alle carminrothen Töne, Erbsengrün, dunkles Violett, dunkler Purpur, reines Gelb, dunkles Blau, Rehfarbe, alle helleren grauen und bräunlichen Töne zeichnen gut. Scharlachroth, Burgunderroth, Granatroth, Seegrün, hell Orange, Lederfarbe, hell Bismarckbraun, Schieferfarbe wirken dunkler und ganz vortrefflich: ähnlich arbeiten Sherryfarbe, Apfelgrün, Flaschengrün, dunkel Orange, Gold- und Rothbraun. Schwarze Seide zeichnet gut; weniger gut und dunkler wirken meist dunkle Bismarckfarbe und Schnupftabakfarbe. Atlaskleider sind wegen der hellen Reflexe nicht erwünscht.

Indess ist dieser Umstand gar nicht so störend, als man gemeinhin glaubt. Er kommt bei einfarbigen Kleidern weniger in Betracht, ist aber mehr zu beachten, wenn es sich um Contraste des Kleides gegen den Teint oder um Farbengegensätze verschiedener Stoffe untereinander handelt, wie es bei Uniformen oder bei bunten Besätzen der Kleider der Fall sein könnte. Wichtiger ist das Verhältniss der Kleidung zum Teint. Weisse Kleider werden in der Photographie eine geröthete oder gebräunte Gesichtsfarbe noch dunkler erscheinen lassen[1]).

Eine correcte Wiedergabe des Helligkeitswerthes der Farben bei *Gemälden etc. ist nur mittels sog. orthochromatischer Platten* möglich, welche (ausser ihrer Blau- und Violett-Empfindlichkeit) eine bedeutende Empfindlichkeit für Gelb, *Grün* und *Roth* besitzen sollen. Es ist jedoch bis jetzt nicht gelungen, eine Plattenpräparation zu finden, welche diesen Anforderungen vollkommen entspricht, sondern den orthochromatischen Bromsilbergelatineplatten des Handels (Erythrosinplatten), sowie dem nassen Collodionverfahren mit Eosin-Bromcollodion mangelt die Empfindlichkeit für rothe Strahlen, da sie nur für Gelb und Grün (eventuell Orange) sensibilisirt sind.

Trotzdem lassen sich Gemälde mit richtigem Farbentonwerthe mit solchen Platten herstellen (mit oder ohne Anwendung einer Gelbscheibe), weil alle rothen Pigmente der Maler soviel Spectralorange und Gelb[2]) reflectiren, dass dieser Antheil an derartigen Strahlen genügt, um auf

1) S. Phot. News. 1881. S. 275; Phot. Wochenbl. 1881. S. 208. — Hartmann, Verhalten bei photographischen Aufnahmen.

2) Mitunter (wie Carmin, Eosin etc.) auch blaue Strahlen.

Erythrosinplatten ein kräftiges photographisches Bild zu geben, obschon diese gegen Spectralroth kaum empfindlich sind.

Eosinsilberhaltige Bromsilbercollodien[1]) besitzen eine verhältnissmässig viel grössere Empfindlichkeit für Gelbgrün, als für Blau und Violett, so dass diese Farben annähernd denselben Helligkeitswerth (bei derartigen Platten) erlangen, als für unser Auge. Dies ist der Grund, warum eosinsilberhaltige Bromsilbercollodien zur orthochromatischen Gemälde-Reproduction ohne weitere Hilfsmittel geeignet sind: sollte jedoch dennoch in einzelnen Fällen sich eine etwas zu starke photographische Wirkung des Blau geltend machen, so bringt man in die photographische Collodionschicht die intensiv gelbe Pikrinsäure[2]), welche blaue und violette Strahlen nach Art eines Schirmes stark verschluckt und dämpft auf diese Weise die Wirkung dieser Strahlen (s. S. 258).

Bei erythrosinhaltigen Bromsilbergelatineplatten (sogen. Erythrosin-Trockenplatten) ist die Empfindlichkeit für Gelbgrün wohl gleichfalls vorhanden, aber übertrifft nicht die Blauempfindlichkeit[3]).

Will man bei der Aufnahme von Naturobjecten mittels solcher Platten eine stärkere Wirkung der gelben Pigmente als der blauen erzielen, so muss man das Blau durch gelbe Gläser dämpfen. (Anwendung von gelben Glasscheiben bei orthochromatischen Aufnahmen von Gemälden, Landschaften, Wolken etc. s. Band III.) Oder man beleuchtet das farbige Object mittels eines künstlichen gelblichen Lichtes, welches mehr gelbe und grüne und relativ wenig blaue und violette Strahlen aussendet[4]), wobei derselbe Effect erzielt wird, weil hierdurch die blauvioletten Pigmente an Helligkeit abnehmen, während die Helligkeit der gelbgrünen bedeutend steigt. (Anwendung von elektrischem Lichte mit gelben Lichtschirmen, oder von Petroleum- und Gaslicht [s. Band III

1) Z. B. Albert's Collodionemulsion (s. Eder's Jahrbuch f. Photogr. für 1889. S. 402), nasses Eosin = Bromcollodion s. dieses Handbuch, zweiter Band, S 280 und Eder, Phot. Corresp. 1888. S. 234.

2) Dies ist bei Albert's orthochromatischer Collodionemulsion der Fall (Eder's Jahrbuch. III. Band für 1889. S. 402.

3) Bei Versuchen im Sonnenspectrum, namentlich in Spectralapparaten mit dichten Glassorten (Prismen à vision directe), erscheint bei solchen Platten allerdings die Wirkung im Gelbgrün häufig gleich stark oder sogar stärker als im Blau. Photographirt man jedoch Pigmente (Gemälde etc.), so wirkt trotzdem in diesem Falle noch das Blau stärker als das Gelb, obschon auch dieses eine deutliche Wirkung erzeugte. Der Grund liegt darin, dass das Spectrumgelb viel heller als Spectrumblau ist (s. Seite 280), bei den natürlichen Pigmenten ist jedoch der Unterschied nicht so bedeutend.

4) S. Eder's Jahrbuch f. Photogr. I. Band für 1887. S. 311.

dieses Werkes], Zusatz von Natriumsalzen zum Magnesiumblitzpulver.) — Ja es ist sogar ein Einfluss der Tageszeit auf die Farbenwirkung des Tageslichtes bemerkbar[1]). [Vergl. auch weiter unten.]

c) Grüne Pflanzentheile. Die grünen Blätter der Pflanzen erscheinen auf photographischen Aufnahmen mit nassem Collodion gleichmässig schwarz. Diese Erscheinung suchten Dumas (1842) und Helmholtz (1854) dadurch zu erklären, dass dem von den grünen Pflanzen zurückfallenden Licht die chemischen Strahlen fehlen, indem dieselben zu chemischer Arbeit im Innern der Pflanzenzellen verwendet worden seien. Für diese geistreiche Erklärung fehlte längere Zeit ein directer Beweis, bis ein solcher geliefert wurde durch die Arbeiten von Reinke, welcher zeigte, dass das von grünen Blättern reflectirte Licht hauptsächlich aus Roth[2]), Gelb, Orange und Grün[3]) besteht (Chem. Centralblatt 1884). Ausserdem wird von den Blättern Sonnenlicht und blaues Himmelslicht reflectirt, welches kräftig auf die photographischen Platten wirkt. Auf Bromsilbergelatineplatten erscheint das Laubwerk in Landschaftsaufnahmen bei reichlicher Belichtung sehr gut durchgezeichnet (besser als auf nassen Collodionplatten), weil diese Platten nicht nur selbst für schwaches Himmelslicht eine ansehnliche Empfindlichkeit besitzen, sondern auch eine (allerdings geringe) Grünempfindlichkeit bei den Bromsilberplatten vorhanden ist.

Vom theoretischen Standpunkte aus müssen grünempfindliche (orthochromatische) Platten bei Aufnahmen von Laubwerk in Landschaften grosse Vortheile aufweisen, worauf zuerst Eder im Jahre 1884 aufmerksam machte (Phot. Corresp. 1884. S. 121). In der That wurden später Erythrosinplatten und ähnliche orthochromatische Platten zur Landschaftsphotographie verwendet: allerdings zeigt sich der beste Erfolg nur dann, wenn ferne, in bläulichen Dunst gehüllte Berge und hellgrünes Laubwerk, gelbe Kornfelder etc. vorhanden sind. Bei dunkelgrünem Laubwerke und nahen Einzelaufnahmen ist eine Ueberlegenheit der gewöhnlichen Bromsilbergelatine nur in seltenen Fällen in der Praxis nachweisbar, ja bei der Aufnahme naher Laubmassen, deren Schatten hauptsächlich von blauem Himmelslichte beleuchtet werden, erscheinen nicht selten an gewöhnlichen Bromsilberplatten die Schatten besser ausexponirt, als bei orthochromatischen Platten mit Gelbscheibe, welche das blaue Licht zurückhalten.

---

1) S. Eder's Jahrbuch f. Photogr. IV. Band für 1890. S. 89 und 197.

2) Strahlen im Roth vor der Fraunhofer'schen Linie *B*.

3) Strahlen zwischen *C* und *E*.

Setzt man Blätter, welche nur zum Theil grün gefärbt sind, zum anderen Theile aber eine andere Färbung zeigen, auf einem empfindlichen photographischen Papier dem Sonnenlicht aus, so tritt in der Regel unter dem Grün nicht (oder nur schwierig) ein Eindruck ein. Roscoë führte in dieser Richtung Versuche an den Blättern der Minze (Mentha aq.), Aug. Vogel mit einigen Pelargonien-Sorten aus [1]).

II. Ursachen der Verschiedenheit zwischen optischer und chemischer Leuchtkraft. — Helligkeitswerth der Farben.

Die Ursache der Verschiedenheit zwischen optischer und chemischer Leuchtkraft der Lichtquellen, sowie zwischen dem verschiedenen Helligkeitswerthe von Pigmenten für das Auge und die gewöhnliche photo-

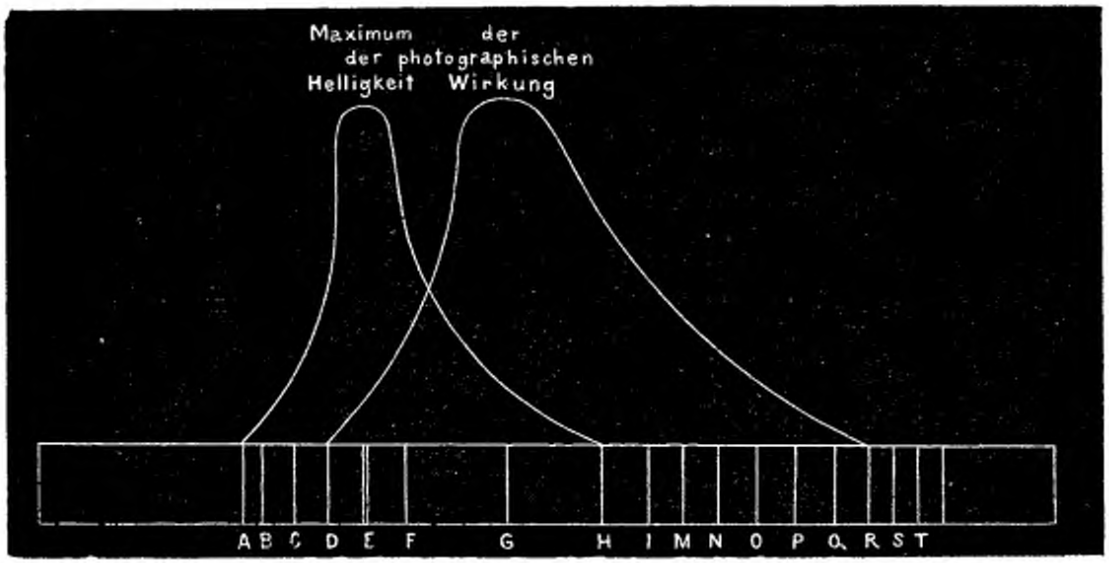


Fig. 43. Graphische Darstellung der optischen und chemischen Helligkeit des Spectrums.

graphische Platte, liegt darin, dass jene Strahlen, welchen die chemische Hauptwirkung (speciell bei photographischen Präparaten, wie Silberverbindungen) durchaus nicht identisch mit jenen sind, welche dem menschlichen Auge am hellsten erscheinen. (Vergl. S. 275 und 277.)

Man kann im Allgemeinen annehmen, dass es die blauen und violetten Strahlen sind, welche den photographischen Haupteffect liefern und dass es von dem Gehalte eines künstlichen Lichtes oder an einer reflectirenden Fläche an diesen Strahlen abhängt, ob es eine kräftige photographische Wirkung auszuüben vermag oder nicht. Deshalb sind viele blaue Flammen, trotz ihrer scheinbaren geringen Helligkeit, photographisch sehr wirksam.

---

1) Phot. Corresp. 1873. Bd. 11, S. 180.

Dem Auge erscheint aber jenes Licht als das hellste, welches am reichsten an gelben Strahlen ist. So besitzt z. B. eine durch Kochsalz gelb gefärbte Weingeist- oder Gasflamme eine ansehnliche optische Helligkeit, ebenso reflectirt eine mit Chromgelb bestrichene Fläche ein helles gelbes Licht, ist aber photographisch wenig wirksam. Die rein grüne Flamme einer mit Thalliumsalzen gefärbten Weingeistlampe erscheint dem Auge viel schwächer, wirkt aber auf Bromsilbergelatineplatten ungefähr 30mal stärker ein. Aehnlich verhält sich das fahle Licht von brennendem Schwefel oder Kohlenoxyd oder das reflectirte Licht von blauen Pigmenten (Pariserblau, Ultramarin).

Fig. 43 stellt graphisch dar, welche verschiedene Lage das Maximum der Helligkeit und der photographischen Durchschnittswirkung auf gewöhnliche photographische Platten im Sonnenspectrum durchschnittlich zeigt; beide liegen weit auseinander.

Nach Vierordt ist die relative optische Helligkeit der einzelnen Theile des Sonnenspectrums durch folgende Zahlen ausgedrückt:

Im Roth bei *B.*	Im Orange bei *C.*	Im Gelb bei *D.*	Im Gelbgrün bei *D.*	Im Grün bei *E.*	Im Hellblau bei *F.*	Im Dunkelblau bei *G.*	Im Violett bei *H.*
2	12	78	100	37	12,8	0,8	0,07

Auch Crova und Lagarde führten Helligkeitsmessungen im Sonnenspectrum aus (s. Dr. H. Krüss in Eder's Jahrb. f. Photogr. f. 1888. 2. Jahrgang. S. 274).

Vergleiche auch Seite 202 und Pickering's Tabelle im Capitel „Ueber Photographie bei künstlichem Lichte".

Das Gelb erscheint unserem Auge ungefähr 100mal heller als das Blau und dennoch ist die photographische Wirkung des Ersteren auf Bromsilberplatten im günstigsten Falle gleich gross wie die des Letzteren; oft hat das Gelb nur $^1/_{20}$ bis $^1/_{50}$ und darunter von der Wirkung des Blau.

Auf ein Gemisch von Eisenchlorid und Oxalsäure wirkt das Blau des Spectrums 14mal stärker, als das Gelb (Marchand), und auf Chlorknallgas wirkt das Erstere sogar beiläufig 50mal stärker, als das Letztere (Bunsen).

Uebrigens ist die Lage des Maximums der chemischen Leuchtkraft im Spectrum nicht für alle lichtempfindlichen Substanzen gleich, wie auch bereits oben (Seite 238 und 267) angeführt wurde.

Beim nassen Collodionverfahren mit Jodbromsilber kommt hauptsächlich indigofarbiges Licht (im Sonnenspectrum nächst der Fraunhofer'schen Linie 9) in Betracht; bei Bromsilbergelatine jedoch wirkt das

hellblaue Licht am stärksten, während die Farbensensibilisatoren die Empfindlichkeit für Grün, Gelb und Orange in verschiedenem Masse erhöhen (s. Seite 178 und 254), so dass noch ein zweites Maximum der Empfindlichkeit gegen die weniger brechbaren Strahlen des Spectrums auftritt.

III. Absorption der actinischen Strahlen durch farblose Medien.

Das Vorschieben transparenter Körper übt immer einen gewissen Einfluss auf die Zusammensetzung des Sonnenspectrums.

Wir haben es hier bloss mit der Wirkung der Medien auf die sog. „chemisch wirksamen" oder „actinischen" Strahlen des Sonnenspectrums zu thun. Die farbigen sind im vorgehenden Capitel behandelt; die farblosen sollen hier ins Auge gefasst werden.

a) Gasförmige, farblose Medien: Allen Miller stellte 1862 in dieser Richtung Versuche an. Er hat mit einem Spectrum experimentirt, welches durch den elektrischen Funken erzeugt wird, der zwischen zwei Metallspitzen überspringt und durch verschiedene Gase hindurchgeht, die sich in einem Messingrohre von 60 cm Länge befinden, dessen Enden durch dünne Quarzplättchen verschlossen sind, während das Prisma ebenfalls aus Quarz besteht. Nach seinen Beobachtungen zeigen die farblosen Gase, wie Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlensäure und Kohlenoxyd, kein Absorptionsvermögen, während das ölbildende Gas, das Stickoxydul, Ozon und Salzsäure eine merkliche Wirkung äussern, und das Aethylen, die schweflige Säure, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff, sowie besonders die Chlorverbindungen des Phosphors (in Dampfform), ein energisches Absorptionsvermögen in Bezug auf das äusserste Spectrum zeigen — Chlorgas, Chloroxyd, Bromdampf lassen nach Hunt sehr wenig chemische Strahlen durch. (Hunt, Researches on light.)

Insbesondere Liveing und Dewar untersuchten die Absorption ultravioletter Strahlen durch Chlorgas, Brom, Jod, schwefelige Säure, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoffdampf (Chemical News. Bd. 47, S. 121. Chem. Centralbl. 1883. S. 258).

Auch bewirken eine starke Absorption: Kohlensäure (Leeber), Ozon (Hartley), Wasserdampf in der Luft (Janssen, Cornu). Ja sogar eine Schicht von gewöhnlicher Luft bewirkt eine starke Absorption der äussersten brechbaren Strahlen, so dass sich diese nur in Spectralapparaten, welche luftleer gemacht werden, photographiren lassen, wie zuerst V. Schumann (1890) fand.

b) Flüssige. Schon vor vielen Jahren hat Becquerel die Regel ausgesprochen: dass im Allgemeinen die farblosen, flüssigen Substanzen die Wirkung des Lichtes auf lichtempfindliche Präparate nur wenig verzögern: wenn man aber mit dem Spectrum Versuche anstellt, ergibt sich eine deutliche Absorption gewisser Strahlen, besonders der äussersten violetten.

Fällt das Sonnenlicht durch Glaskästen, welche verschiedene farblose Flüssigkeiten enthalten, auf Chlorsilberpapier, so zeigt sich die schwärzende Wirkung beschleunigt, wenn der Glaskasten Wasser statt Luft enthält (wegen geringer Lichtschwächung durch verminderte Reflexion); bei anderen Flüssigkeiten wird sie theils verlangsamt, theils nicht geändert. Setzt man die verlangsamende Wirkung der Luft = 1, so ist nach Malagutti die von:

Wasser	0,7645	Benzol	2,0034
Salzsäure (d = 1,234) .	1,1907	Citronenöl	3,8258
Salpetersäure (d = 1,335)	1,4873	Rosmarinöl	3,0172
Schwefelkohlenstoff . .	1,4964	Lavendelöl	3,1405
Copaivaöl.	1,7044	Creosot	3,9597
Terpentinöl	1,7644		

Ohne Wirkung sind nach Malagutti: Eisessig, Holzgeist, essigsaures Methyl, Alkohol, Aether, oxalsaures und essigsaures Aethyl, und Chlorbenzoyl.

Nach Allen Miller können zwei Flüssigkeiten in Bezug auf chemische Strahlen als völlig transparent betrachtet werden: Wasser und Alkohol; aber schon der Alkohol gibt im Spectrum einen merklichen Ausfall für die unsichtbaren brechbarsten Strahlen. Nach Schönn[1]) aber schwächt schon eine Wasserschicht von 10 cm die äussersten ultravioletten Strahlen (welche an der Grenze des ultravioletten Sonnenspectrums liegen) bedeutend. (Gegensatz zu Eis s u.) Chloräther (Liqueur des Hollandais), Chloroform, Aether, Benzin, Glycerin, Amylalkohol, Holzgeist, Aethyloxalat, Essigsäure und Schwefelkohlenstoff verhalten sich hinsichtlich ihrer photographischen Transparenz (nach Miller) wie die Reihenfolge ihrer Aufzählung, so zwar, dass die zuletzt genannten Substanzen das grösste Absorptionsvermögen zeigen. Die Chlorverbindungen des Phosphors endlich, die vollkommen klar und farblos sind, absorbiren alle chemischen Strahlen. Die Terpene (Thymol, Anis-, Cassiaöl, Bergamottöl etc.) absorbiren die violetten Strahlen[2])

Becquerel hat beobachtet, dass eine Lösung von 1 g schwefelsaurem Chinin in 100 g Wasser, welches mit einigen Tropfen Schwefelsäure angesäuert wurde, nicht nur alle unsichtbaren ultravioletten Strahlen absorbirt, sondern auch das sichtbare äusserste Violett (s. S. 272). Abney fand dasselbe[3]). Für Substanzen aber, deren Maximum von Empfindlichkeit im Blauen und Indigo und nicht darüber hinaus liegt, verliert das weisse Licht, nach Hunt's Beobachtungen, wenig von seiner chemischen Wirkung, wenn es durch ein solches Medium geht. — Eine Schrift mit Chininsulfat-Lösung auf weissem Papier ist unsichtbar, erscheint jedoch in der Photographie deutlich schwarz.

c. Feste. Schon lange weiss man, dass gewisse feste Körper, obgleich vollkommen transparant und farblos, die Wirkung des Lichtes auf die lichtempfindlichen photographischen Präparate verzögern, wie *dies z. B. in beträchtlichem Masse beim* Flintglas der Fall ist (s. S. 212).

Allen Miller hatte bereits im Jahre 1862 in dieser Hinsicht zahlreiche, allerdings nicht vollkommen genaue, Versuche angestellt, die ihn zu folgenden Schlussfolgerungen veranlassen:

1. Die farblosen Körper, obwohl gleich transparent für die sichtbaren Strahlen, haben ein sehr ungleiches Transmissionsvermögen für die chemischen Strahlen.

2. Die in fester Form photographisch-transparenten Körper bleiben auch im flüssigen oder gasförmigen Zustande transparent; die farblosen, transparenten festen Körper, welche ein beträchtliches photographisches Absorptionsvermögen zeigen, haben dies ebenfalls, doch mit mehr oder weniger Intensität, im flüssigen oder gasförmigen Zustande. Das Transmissionsvermögen im flüssigen Zustande bleibt dasselbe, gleichviel ob der feste Körper durch Wärme oder durch Auflösung in den flüssigen Zustand

1) Naturforscher. 1880. S. 189. 275. Jahrber. f. Chemie. 1880.
2) Hartley und Huntington. Beibl. Ann. Phys. Chem. 1880. S. 371.
3) Phot. News. Bd. 23. S. 146. Phot. Corresp. 1879. S. 84.

versetzt ist. Das vollkommene Transmissionsvermögen des Wassers für die chemischen Strahlen, im Verein mit dem Umstande, dass in keinem Falle das Verfahren der Auflösung Einfluss hat auf die besondere Wirkung der Strahlen, welche die Lösung treffen, hat es möglich gemacht, eine grosse Menge von Körpern zu prüfen, mit denen Versuche sonst unmöglich gewesen sein würden, weil sie äusserst schwierig in Krystallen von hinlänglicher Grösse und genügender Durchsichtigkeit zu erhalten sind.

Soret untersuchte die ultravioletten Absorptionsspectren von Ytterbium, Erbium, Didym etc. (Jahresber. f. Chemie. 1878. S 181. 1880. S. 214). Dunstan studirte die Absorption von Alkoholen, Terpenen, Benzylderivaten und fand charakterische Banden im Ultraviolett (Jahresber. für Chemie 1880. S. 213.) Die ausführlichsten Untersuchungen lieferte aber Hartley und Huntington.

Von grosser Wichtigkeit ist die Anwendung der Photographie zur Kenntniss der Absorption organischer Substanzen für Ultraviolett. Die ultravioletten Strahlen sind sehr empfindlich für die Wirkung der Kohlenstoffverbindungen, so dass die photographischen Absorptionsspectren zur Identificirung von organischen Substanzen benutzt werden und als sehr empfindliche Probe für die Reinheit gewisser Substanzen dienen können. Die Curve, welche man erhält durch Coordinirung der Grösse der Verdünnung des zu prüfenden Körpers mit der Position (Wellenlänge) der absorbirten Strahlen, bildet eine scharf markirte und höchst charakteristische Eigenschaft der Verbindungen.

Hartley theilt die organischen Substanzen bezüglich ihrer Absorption gegen Ultraviolett in drei Classen, worüber bereits auf S. 237 (Cap. IV) Erwähnung gethan wurde.

Absorption von Licht durch dicke Wasserschichten in Seen. Schon im Jahre 1883 wies F. A. Forel nach, dass die absolute Dunkelheitsgrenze für Chlorsilberpapier im Genfer-See im Frühling in einer Tiefe von 45 m, im Winter von 100 m liegt. Später wurde durch die Versuche von Dr. G. Asper im Züricher und Wallensteiner-See und von Fol und Sarasin im Genfer See gezeigt, dass für hochempfindliche Bromsilber-Gelatineplatten die Grenze doppelt so tief liegt. (Vergl. Forel, Revue Suisse. 1889. S. 84 und Phot. Wochenbl. 1889. S. 351, wo auch neuere Versuche beschrieben sind.)

Von den bis jetzt untersuchten Medien besitzt kein nachweisliches Absorptionsvermögen für Ultraviolett: Bergkrystall, weisser Flussspath und Kalkspath, obschon letzterer sich schon nicht mehr so günstig verhält, als die beiden ersteren. Ferner besitzt eine äusserst geringe Absorption für Ultraviolett: Steinsalz (Miller), Eis (Schönn), Alkali-Sulfat, -Carbonate, -Arseniate, -Borate, die alkalischen Erden, löslichen Fluorverbindungen, Chloride und Bromide der Alkalien (Miller), Alaun (Schönn). Eine sehr dünne Glimmerplatte bewirkt eine Absorption, welche bei der ultravioletten Fraunhofer'schen Linie S ($\lambda = 310$) beginnt, rasch bis U ($\lambda = 295$) zunimmt und bei $\lambda = 284$ vollständig ist (Liveing und Dewar, Chem. Centralbl. 1883. S. 258; Chemical News. Bd. 47, S. 121).

Stark ist die Absorption bei den organischen Säuren und ihren Verbindungen und am ausgezeichnetsten bei den Nitraten und Hyposulfiten

(Miller). Aeusserst feine Glas-, Glimmer-, Gypsplättchen absorbiren das Ultraviolett bedeutend (Schönn), ebenso Gelatine in Form von Gallerte und viele vegetabilische und animalische Flüssigkeiten. (De Chardonnet.[1])

Durch eine Kerzenflamme gehen nach Schönn die ultravioletten Strahlen ohne bemerkbare Schwächung hindurch.

IV. Absorption von actinischen Strahlen durch Glas etc. und deren Zusammenhang mit der Photographie.

Das gewöhnliche Glas absorbirt sehr stark das Ultraviolett (vergl. S. 211 u. 213) und ist deshalb zur Photographie des ultravioletten Spectrums nicht verwendbar[2]); am stärksten absorbirt Schwer-Flintglas und alle dichten stark bleihältigen Gläser, weniger das Crownglas und das Barytflint, welches letztere in neuerer Zeit mit Vorliebe zur Konstruktion photographischer Objective verwendet wird (vergl. das Capitel „Ueber photographische Objective").

Hankel 1862 stellte Messungen über die Absorption der chemischen Strahlen des Sonnenlichtes durch verschiedene Medien an[3]) und fand, dass bei einer senkrecht zur Achse geschnittenen Bergkrystallplatte gar keine Absorption der chemischen Strahlen, bei parallel zur Achse geschnittenen Platten eine sehr kleine Absorption derselben eintritt.

Glasplatten verhielten sich je nach der Qualität verschieden. Bei einer Glassorte ging bei einem Einfallswinkel von 60 Grad und 5 mm Dicke 29 Proc. vom chemisch wirkenden Licht verloren, bei einer anderen etwas grünlichen 4 mal mehr. Uebrigens wird in einer zweiten durchlaufenen Glasschicht nicht mehr soviel Licht absorbirt, sondern die Absorptionscoëfficienten verhalten sich fast umgekehrt, wie die durchlaufenen Schichten.

Wieviel Licht beim Durchgang durch Gläser verloren geht, zeigt sehr deutlich die Storer'sche Tabelle[4]).

Glassorte	Dicke des Glases in Zollen	Lichtverlust in Procenten
Deutsches Fensterglas	1/16	4.27
Dickes englisches Spiegelglas	1/3	6.15
Krystallglas	1/8	8.61
„Double English" Fensterglas	1/8	9.39
Doppeltes deutsches Fensterglas	1/8	13.00
Englisches Crownglas	1/8	13.08

1) Compt. rend. 1881. Bd. 93, S. 406.

2) Hierzu dient: Bergkrystall, weisser Flussspath und Kalkspath.

3) Fortschritte d. Physik. 1862. 230.

4) Phot. Mittheil. 1866. Bd. 3, S. 162.

Glassorte	Dicke des Glases in Zollen	Lichtverlust in Procenten
Orange gefärbtes Glas, emaillirt, zum Theil matt	1/16	51,23
Deutsches mattes Glas (dickes)	1/8	62,34
Mattes Glas von Berkshire	1/16	62,74
Einfaches deutsches mattes Glas	1/16	65,75
Grünes Fensterglas	1/16	81,97
Purpurnes Fensterglas	1/8	85,11
Röthliches Fensterglas	1/16	89,62
Transparentes Porzellan	1/16	96,68

Rood[1]) gab folgende Tabelle über die Absorption des Lichtes durch Gläser:

Glassorte	Dicke des Glases in Zollen	Lichtverlust in Procenten
Crownglas	1/12	8,91
„ einseitig matt	1/12	58,87
Orangegelbes Glas	1/20	51,26
Tiefrothes Glas	1/10	89,95

Nach Herzberg und Schulze (Phot. Nachricht. 1889. S. 167 aus: „La Nature") verschluckt gewöhnliches durchscheinendes Mattglas 27 Proc. des Lichtes, dünnes Spiegelglas 10 Proc.: dagegen absorbirte eine gewöhnliche mit Staub bedeckte Glasplatte und eine Mattscheibe 60 Proc. Licht. Obschon diese Versuche mit optischen (nicht mit photographischen) Photometern angestellt wurden, sind sie doch für Photographen sehr interessant, weil der schädliche Einfluss von Schmutz auf den Glasdächern sehr deutlich daraus hervorgeht.

Der Verlust, welchen das Licht bei dem Durchgange durch eine polirte planparallele Glasplatte oder durch eine Glaslinse erleidet, setzt sich zusammen aus dem Verluste in Folge der Reflexion an den Oberflächen und aus dem Verluste in Folge der Absorption in der Masse des Glases.

In obigen Tabellen ist die Summe beider Schwächungsfactoren angegeben.

Dr. H. Krüss studirte diese Verhältnisse näher (Eder's Jahrbuch f. Photogr. für 1890. S. 45).

Der Lichtverlust durch Reflexion ist aus den Gesetzen der Lichtbewegung durch Fresnel abgeleitet worden. Für die in sehr vielen Fällen zutreffende Voraussetzung, dass man es nur mit kleinen Einfallswinkeln (bis zu 30 Grad) zu thun hat, ist die Helligkeit des durch eine Glasoberfläche hindurchgegangenen Lichtes

$$J_1 = 1 - \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2$$

und nach dem Durchgange durch zwei Oberflächen, also durch eine Glasplatte oder eine Linse,

$$J_2 = \frac{J_1}{2 - J_1}$$

unter der Voraussetzung, dass die ursprünglich auffallende Helligkeit = 1 war.

1) Fortschr. d. Physik. 1863. S. 223.

Die hindurchgehende Lichtmenge ist also abhängig von dem Brechnungsexponenten n; für ein Flintglas, wie es häufig angewandt wird (Dense Flint No. 36 des Jenaer Verzeichnisses), findet sich nach obiger Formel die hindurchgehende Lichtmenge

Fraunhofer'sche Linie	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*
Brechungsexponent	1,6122	1,6157	1,6175	1,6224	1,6289	1,6347	1,6461	1,6562
J_2	0,896	0,895	0,894	0,894	0,892	0,890	0,887	0,885.

Der Lichtverlust in Folge der Reflexion an den Oberflächen nimmt also nach dem violetten Ende des Spectrums hin allmählich zu, wenn auch nicht in sehr starkem Masse.

Bedeutend grösser ist aber der Unterschied in der Schwächung der verschiedenfarbigen Strahlen in Folge der Absorption in der Glasmasse. Untersuchungen hierüber sind in eingehender Weise zuerst von Vierordt angestellt worden.

Er bestimmte die durch drei Glaswürfel von zusammen 6 cm Dicke hindurchgehende Lichtmenge und fand

Fraunhofer'sche Linie	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*
Hindurchgehende Lichtmenge	0,932	0,906	0,887	0,860	0,806	0,772	0,595	0,500.

Das von Vierordt angewandte Flintglas war vollkommen farblos und es zeigt sich, dass trotzdem eine bedeutend stärkere Lichtschwächung der blauen Strahlen stattfand als für die rothen Strahlen. Wenn auch in den Vierordt'schen Zahlen Reflexions- und Absorptionsverlust zusammen enthalten sind, so trägt die Hauptsache an dieser Erscheinung doch die auf das Licht ausgeübte Absorption in der Glasmasse. Erwägt man aber, dass der Factor für den Reflexionsverlust bei sechsmaligem Durchgange durch Trennungsflächen zwischen Luft und Glas unter Voraussetzung eines mittleren Brechungsexponenten für Flintglas für die Fraunhofer'sche Linie *A* 0,74 ist, so sieht man, dass die Vierordt'schen Zahlen insgesammt noch zu hoch sein müssen.

Dr. Krüss hat deshalb dieselben Versuche unter grosser Vorsicht mit dem oben genannten Flintglase wiederholt, durch entsprechende Anordnung der Versuche den Reflexionsverlust von vornherein ausgeschieden und den Absorptionsfactor für 1 cm Dicke der Glasschicht folgendermassen gefunden:

Fraunhofer'sche Linie	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*
Absorptionsfactor für 1 cm	0,969	0,967	0,952	0,893	0,860.

Also auch hier zeigt sich eine Zunahme der Absorption mit der Brechbarkeit der Strahlen.

Ueber den Lichtverlust der chemischen wirkenden Strahlen in Glas finden sich einige Angaben in der Literatur. Bunsen und Roscoë ermittelten denselben bei Gelegenheit ihrer photochemischen Untersuchungen und erhielten den Absorptionsfactor für 1 cm Dicke einer Glasplatte mit 0,866, während Hankel bei ähnlichen Untersuchungen für dieselbe Grösse den Werth 0,789 fand Beide Zahlen bestätigen die Erfahrung, dass die stärker brechbaren Strahlen in Glas bedeutend mehr geschwächt werden, als die weniger brechbaren Strahlen.

Beim Copiren der Positive variirt die Schnelligkeit der Lichtwirkung bemerklich je nach der Qualität der Gläser des Copirrahmens. Stark grünliche Gläser verzögern die Wirkung besonders. Dies hängt nicht nur von der Reflexion des Lichtes vom Glase ab, welche am kleinsten

ist, wenn die Strahlen senkrecht auffallen, sondern von der Absorption der chemisch wirksamen Strahlen von der Glasmasse, wie Gaudin schon 1857 bemerkte. Derselbe Autor schätzte den photographischen Lichtverlust durch Glasscheiben unter ungünstigen Verhältnissen auf $^3/_4$ und vielleicht sogar auf $^4/_5$ [1]; in der Regel dürfte er 3 bis 10 Proc. pro 1 m Dicke betragen.[2])

Dass die Farbe der Linsengläser im Objectiv auf die photographische Lichtkraft bedeutenden Einfluss nimmt, war schon 1851 von Bayard in der Pariser „Société héliographique" constatirt, indem er fand, dass Linsen von bläulicher Farbe eine viel kürzere Exposition gestatten, als gelbliche und Martin gab an, dass von zwei ganz analog construirten und äusserlich identischen Objectiven, das eine (ein deutsches) mit 16 Secunden Exposition ein Bild gab, wozu man mit dem zweiten (einem französischen) nur 8 Secunden brauchte[3]). — De Chardonnet fand, dass eine einfache Linse von Dallmayer viel weniger Ultraviolett absorbirte, als eine analoge von Darlot. Das ultraviolette Spectrum war nach dem Durchgange durch ersteres 3 bis 4 mal länger, als bei letzterem. — Vergl. auch Dr. Miethe in Eder's Jahrbuch f. Photogr. V. Band für 1891.

Vom theoretischen Standpunkte würden Linsen aus Bergkrystall sowie von Flussspath photographisch besonders wirksam sein, weil sie sehr wenig ultraviolette Strahlen verschlucken (s. S. 211, 213 und 283). In der That zeigte sich auch nach Emerson[4]) in der Praxis, dass eine Quarzlinse als photographisches Objectiv schneller arbeitet, als eine gewöhnliche Glaslinse von gleicher Oeffnung, Brennweite und Dicke. — Leider stellen sich bei der Bearbeitung von Bergkrystall grosse Schwierigkeiten entgegen; er wird aber trotzdem mit grossem Erfolge zu spectrographischen Apparaten verwendet, was auch für Kalkspath und Flussspath gilt; der letztere wird in neuerer Zeit als Bestandtheil von Mikroscop-Linsen bei der Construction der sog. Apochromate verwendet, was durch Prof. Abbe in Jena eingeführt wurde.

Glas verändert sich mit der Zeit an Luft und Licht. Durch die atmosphärischen Einflüsse wird es trübe und verliert an Durchsichtigkeit; auch durch blosse andauernde Lichtwirkung erleidet es eine Farbenänderung, indem es statt farblos zu bleiben mehr oder weniger violett etc.

---

1) Horn's Phot. Journ. 1857. Bd. 7, S. 39 u. 45.

2) Hanckel, Kreutzer, Zeitschr. f. Phot. Bd. 7, S 35 Hartley, Journ. f. Gasbeleuchtung. 1881. S. 127.

3) La Lumière. 1851. Bd. 1, S. 74.

4) Sillim. Journ. Bd. 32, S. 227. Kreutzer, Zeitschr. f. Phot. 1862. Bd. 5, Seite 23.

wird (s. S. 157). Dass mit dieser Veränderung zugleich eine Abnahme der Durchlässigkeit für Licht, speciell für die actinischen Strahlen verknüpft ist, fällt in die Augen. Man beobachtet diesen Umstand an den mit Glas gedeckten Dächern photographischer Ateliers, an Linsen photographischer Objective, welche oftmals an das Sonnenlicht gebracht wurden (z. B. bei Vergrösserungen im Sonnenlicht etc.), wobei sich unliebsam eine merkliche Schwächung des Lichtes bemerklich macht.

A) Verlust an Licht bei der Reflexion desselben von einer spiegelnden Glasfläche.

(Nach Dr. Stolze.)

Wenn ein Lichtstrahl aus der Luft auf eine polirte Glasfläche fällt, so wird nur ein Theil desselben gebrochen, der Rest aber reflectirt, und zwar findet dies in um so höherem Masse statt, je schräger der Lichtstrahl auffällt. Ist sein Einfallswinkel Null, d. h. steht er senkrecht auf der Glasfläche, so wird nur ein sehr geringer Theil (noch nicht $^1/_{150}$) reflectirt, was zu vernachlässigen ist; während ein horizontal kommender Strahl als ganz reflectirt betrachtet werden muss.

In der folgenden Tabelle sind die annähernden Procentsätze (M%) des Lichtes gegeben, welche für gewisse Einfallswinkel (e) von einer spiegelnden Glasfläche zurückgeworfen werden.

e Grade	M%	e Grade	M%
10	1,5	45	29,3
15	3,4	50	35,7
20	6,0	55	42,6
25	9,4	60	50,0
30	13,4	65	57,7
35	18,1	70	65,8
40	23,3	75	74,1

B) Tabelle über den Lichtverlust bei der Reflexion von Spiegeln aus verschiedenem Materiale und jenem in Linsen-Objectiven.

Gegenstand	Helligkeit in Procenten	Lichtverlust in Procenten
Directes Licht	100,00	0,0
Silberspiegel	91,08	8,9
Glasspiegel mit Quecksilberbeleg	76,50	23,5
Metallspiegel	67,18	32,8
Objectiv $\frac{35'''}{42''}$ (Fraunhofer) . .	76,00	24,0
Objectiv $\frac{21'''}{21''}$ (Steinheil) . . .	86,67	13,3
Crownglasprisma 50" Oeffnung .	77,00	23,0

C) Durchlässigkeit verschiedener Stoffe für Wärmestrahlen.

Die Wärmestrahlen werden ähnlich wie die Lichtstrahlen absorbirt, reflectirt etc. Manche Körper lassen die Wärmestrahlen leicht durchgehen (z. B. Steinsalz), andere absorbiren sie. Hierüber gibt folgende Tabelle Aufschluss.

Platten von	Transmission von 100 Wärmestrahlen einer brennenden Lampe.
Farblosem Steinsalz	92
Flussspath	72
Flintglas	67
Spiegelglas	39
Isländischem Kalkspath	39
Bergkrystall	38
Citronensäure	11
Alaun	9
Candiszucker	8
Eis	6

Die Differenz der Licht- und Wärmestrahlen zeigt sich sehr deutlich bei Kupfervitriol, welcher sämmtliche Wärmestrahlen verhindert ihn zu passiren, während blaues Licht ihn leicht durchdringt. — Wässerige Alaunlösung verschluckt nur die Wärmestrahlen, aber fast nicht die Lichtstrahlen, während alkoholische Jodlösung die leuchtenden Strahlen absorbirt, aber die Wärmestrahlen durchdringen lässt.

SECHSTES CAPITEL.

LICHTEMPFINDLICHKEIT VERSCHIEDENER PHOTOGRAPHISCHER PRÄPARATE. — NOTHWENDIGKEIT EINER GEWISSEN ANFANGSWIRKUNG IN DER PHOTOGRAPHIE. VOR- UND NACHBELICHTUNG.

I. Nothwendigkeit einer gewissen Intensität des Lichtes bei photographischen Processen.

Zur Erzeugung einer chemischen Lichtwirkung ist eine gewisse Lichtintensität und Zeitdauer der Lichtwirkung erforderlich, welche beide je nach der Lichtempfindlichkeit des verwendeten Präparates variiren. — Im Allgemeinen gilt das Gesetz (s. S. 153), dass der photochemische Effect (E) gleich dem Producte aus der Intensität des einwirkenden Lichtes (J) und der Zeitdauer der Lichtwirkung ist (T), was durch die Formel $E = J \cdot T$ ausgedrückt wird. Um also bei einer photographischen Aufnahmen eine gewisse Lichtwirkung oder besser: einen „photochemischen Effect“ zu erhalten, muss man um so längere Zeit belichten, je schwächer das Licht ist und umgekehrt.

Dieser Satz, welcher für die Praxis der Photographie ganz genügend zutreffend ist, hat jedoch vom Standpunkte der wissenschaftlichen Photochemie nur unter gewissen Einschränkungen seine volle Gültigkeit. Sinkt nämlich die Intensität des einwirkenden Lichtes unter eine gewisse Grenze herunter und wird sehr gering, so erfolgt überhaupt keine photochemische Zersetzung, wenn man auch die Belichtungsdauer noch so sehr verlängert. Man kann die Arbeit des Lichtes mit der physischen Arbeit eines Menschen vergleichen, der beispielsweise eine Last über eine schiefe Ebene schaffen soll. Reichen die Kräfte des Arbeiters nicht aus, die Arbeit zu vollführen, so sind auch seine stundenlangen Bemühungen zwecklos — er wird die Last nicht von der Stelle bewegen.

Es gibt für jedes photographisches Präparat ein gewisses Minimum der Lichtintensität, das den einwirkenden Strahlen zukommen muss, wenn die chemische Zersetzung (also die Entstehung eines Lichtbildes) erfolgen soll. Sinkt die Intensität unter diese Grenze, so werden die Lichtstrahlen für das Präparat wirkungslos.

Diese Thatsache kommt in der practischen Photographie mehrfach zur Geltung. Es ist z. B. unter Anwendung nicht genügend empfindlicher Präparate nicht möglich, schlecht beleuchtete Gegenstände mit Erfolg zu photographiren.

Soll z. B. ein Oelgemälde mit dunklen Schatten reproducirt werden, so liefert uns bei schlechter Beleuchtung eine wenig empfindliche nasse Collodionplatte immer nur ein hartes, unbrauchbares Bild. Die Dauer der Exposition ist, wie Baron Hübl ganz richtig aufmerksam machte, fast ohne Einfluss, die Lichter werden mit Zunahme der Belichtungszeit nur noch deckender, vielleicht bringt die Entwickelung noch die Textur der Leinwand etc hervor; jedoch sind Details in den Schattenpartien nicht zu gewinnen. Wir müssen, um ein harmonisches Negativ zu erhalten, entweder eine empfindlichere Platte (Emulsionsplatte) wählen oder das Object intensiver beleuchten, z. B. im Sonnenlichte.

Von solchen photographischen Platten, welche eine sehr geringe Lichtintensität beanspruchen, um einen deutlichen Lichteindruck zu erhalten, sagt man mitunter in der Praxis „sie sind empfindlich für schwache Lichtstrahlen"; hierzu gehören vor allem die hochempfindlichen Bromsilber-Gelatineplatten. Bei Reproductionen von Strichzeichnungen sind unempfindliche Präparate, z B. nasse Jodcollodionplatten, vorzuziehen.

Bei Reproductionen von Strichzeichnungen soll der Strich klar und das Planum genügend gedeckt erscheinen; nachdem aber der Zeichnungsstrich doch auch Licht reflectirt, so würde dieser im Negativ seine Klarheit verlieren, wenn man bei Anwendung eines sehr empfindlichen photographischen Präparates so lange belichten wollte, als die Erzielung eines genügend deckenden Planums erfordert. In diesem Falle wird man zweckmässig eine weniger empfindliche Platte anwenden und das Original nicht zu intensiv beleuchten, damit die von den Strichen reflectirten Strahlen wirkungslos werden. Dann kann man unbeschadet der Klarheit des Negatives fast beliebig lange exponiren und ein gut deckendes Planum erhalten. Man wählt daher für solche Aufnahmen eine nasse Jodsilberplatte, deren Empfindlichkeit man noch durch ein stark angesäuertes Silberbad, durch Zusatz von Chloriden zum Collodion etc. verringert hat. (Baron Hübl.)

II. Nothwendigkeit einer bestimmten Zeitdauer der Lichtwirkung. Photochemische Induction.

Wir haben oben angeführt, dass zum Beginn einer photochemischen Zersetzung eine gewisse Intensität des einwirkenden Lichtes erforderlich ist.

Andererseits ist auch eine gewisse Zeitdauer der Lichtwirkung erforderlich, um einen photochemischen Effect zu erzielen.

Bunsen und Roscoë beobachteten diese Erscheinung im Jahre 1857 zuerst. Sie fanden, dass die chemische Wirkung des Lichtes auf ein Gemenge von Chlor und Wasserstoff nicht im Momente der ersten Be-

strahlung sogleich in ihrer vollen Stärke eintritt, sondern anfangs verschwindend, oder nahe verschwindend klein ist, sich dann allmählich steigert und erst nach einer namhaften Zeit ein Maximum erreicht, auf dem es sich constant erhält. Sie bezeichneten diese Erscheinung mit dem Namen photochemische Induction[1]). (Vergl. S. 158.)

Das Licht wirkt — soweit unsere Erfahrung reicht — auch auf photographische Jod-, Brom- oder Chlorsilberplatten nicht momentan ein. Alles deutet darauf hin, dass eine gewisse Zeit der Einwirkung nothwendig ist, nach welcher erst die photochemische Zersetzung beginnt.

Schultz-Sellack[2]) zeigte sehr deutlich auf ganz objective Weise, dass für die mechanische Veränderung des Jodsilbers im Lichte eine beträchtliche Anfangswirkung nothwendig sei. Er jodirte die Silberschicht eines versilberten Glasspiegels; die so erhaltene durchsichtige Jodsilberschicht wurde im Lichte trübe, pulverig und gelblichgrün. Er belichtete die verschiedenen Theile einer Platte verschieden lange Zeit, indem er sie theilweise mit einem undurchsichtigen Schirm bedeckte, den er ruckweise in gleichen Zeitabschnitten fortzog; die Lichtwirkung wurde erst nach einiger Zeit bemerklich und wuchs dann schnell.

Die Zeit, welche nothwendig ist, um einen deutlich nachweisbaren photographischen Eindruck auf das empfindlichste Präparat, das wir kennen, nämlich Bromsilber-Gelatine, hervorzubringen, ist allerdings unendlich kurz, jedenfalls nicht länger als $^1/_{100\,000}$ Secunde im directen Sonnenlichte. Allein selbst in diesem Falle muss bei schwachem Lichte die Bestrahlung eine bestimmte Zeit andauern, damit ein durch Reductionsmittel entwickelungsfähiger Eindruck hervorgebracht wird.

Dr. Michalke stellte (1890) mit einer Amylacetal-Lampe Versuche an und bezog die Angaben auf sog. „Meterkerzen", d. i. die von einer Amylacetal-Lampe auf eine in 1 m Entfernung befindliche Fläche fallende Lichtmenge. Man kann so zahlenmässig in Meterkerzen angeben, wie viel Licht nöthig ist, um auf Bromsilber-Gelatine eine sichtbare Einwirkung zu erhalten. Der Versuch ergab, dass ein sichtbarer Bildeindruck bei einer Schleussner-Platte, die mit Eisenoxalat hervorgerufen wurde, entsteht, wenn die auf die Platten (senkrecht) fallende Lichtmenge in der Secunde = 0,045 Meterkerzen ist. Bei intensiverem Lichte ist jedoch die erforderliche Belichtungszeit eine viel kürzere.

Bei Bromsilber-Gelatine mit alkalischem Entwickler ist die Zeitdauer bis zur Anfangswirkung des Lichtes eine sehr kurze und in Folge der sehr hohen Lichtempfindlichkeit kaum nachweisbare.

---

1) Poggendorff's Annal. Bd. 100, S. 43 und 481; Bd. 101, S. 235. Philos. Transact. 1857. S. 355 u. 601. In der citirten Originalabhandlung sind die Gesetze der photochemischen Induction für Chlorknallgas weiter entwickelt.

2) Poggendorff's Annalen. 1871. Bd. 143, S. 439.

Ueber Anfangswirkung des Lichtes und Effect intermittirender Lichtwirkungen auf Bromsilber-Gelatineplatten stellten A. und L. Lumière (Moniteur de la Phot. 1887. S. 27. Phot. Wochenbl. 1887. S. 413) interessante Versuche an Um festzustellen, ob bei sehr kurzen schwachen Lichtwirkungen überhaupt kein Eindruck auf der Platte vorhanden ist oder ob der Entwickler nur nicht im Stande ist, so schwache Eindrücke hervorzurufen, liessen die Autoren zunächst ein constantes Licht 3 Secunden lang auf einen Theil einer Platte wirken; dann liessen sie dasselbe Licht mit Hilfe angemessener Apparate auf andere Theile der Platte in intermittirender Weise so fallen, dass die einzelnen Lichteindrücke nur $^1/_{1000}$ oder $^1/_{4000}$ Secunde betrugen, dass sich aber in jedem einzelnen Falle soviel davon folgen, um zusammen eine Belichtung von 3 Sec. auszumachen. Beim Entwickeln waren die Lichteindrücke auf der Platte in allen Fällen genau dieselben, daraus folgt, dass bei der gegebenen Lichtintensität die $^1/_{4000}$ Secunde lang andauernde, aber summirte Belichtung einen photochemischen Effect hervorbringt und die „Anfangswirkung" eine kürzere Zeit in Anspruch nimmt.

III. Lichtempfindlichkeit verschiedener photographischer Präparate.

Für den Photographen ist die Kenntniss der relativen Lichtempfindlichkeit verschiedener Präparate von hohem Werthe. Man prüft die Lichtempfindlichkeit in der Regel: bei gewöhnlichem Tageslichte von mittlerer Helligkeit, bei unempfindlicheren Präparaten im Sonnenlichte, bei sehr empfindlichen aber beim Lichte einer Normalkerze oder Amylacetat-Lampe; die lichtempfindlichen Präparate werden gewöhnlich bei constantem Lichte[1]) durch verschieden lange Zeit belichtet[2]) und die Zeitdauer der Lichtwirkung, welche erforderlich ist, um einen deutlichen Lichteindruck hervorzubringen, bestimmt. Die Lichtempfindlichkeit wird der Zeitdauer der Einwirkung verkehrt proportional gesetzt; braucht z. B. eine nasse Jodcollodionplatte 1 Secunde um ein entwickelungsfähiges Bild zu geben, eine Bromsilber-Gelatineplatte aber nur $^1/_4$ Secunde, so ist die Lichtempfindlichkeit der letzteren 4mal grösser. (Ueber geeignete Photometer s. u.)

Die Lichtempfindlichkeit verschiedener photographischer Präparate gegen Tageslicht wird durch nachfolgende vom Verfasser aufgestellte Tabelle ersichtlich gemacht, wobei sämmtliche Angaben sub A und B auf das nasse Collodionverfahren = 1 bezogen sind.

A. Photographische Processe mit Hervorrufung.	Lichtempfindlichkeit.
Nasse Jodbrom-Collodionplatte mit saurem Eisenvitriol-Entwickler .	1
Bromsilbergelatine-Emulsion mit alkalischem Entwickler oder Eisenoxalat-Entwickler, durchschnittliche Handelssorte	3—4
Extrarapide Bromsilbergelatineplatten	30—60

1) S. unten „Normal-Licht".

2) Man kann jedoch den Versuch auch mit genau bekannten variablen Lichtintensitäten vornehmen.

	Lichtempfindlichkeit.
Bad-Collodion-Trockenplatten mit saurer Pyrogallol-Entwickelung	$^1/_{10}$
Bad-Collodion-Trockenplatten mit alkalischer Entwickelung	$^1/_5$ bis $^1/_8$
Daguerreotyp-Platten	$^1/_{15}$ bis $^1/_{50}$
Chlorsilbergelatine mit Eisencitrat-Entwickler	$^1/_7$ bis 1
(Bei Lampenlicht ist Chlorsilbergelatine relativ viel unempfindlicher im Vergleich mit Bromsilbergelatine.)	
Gesilbertes Chlorsilberpapier mit Gallus-Entwickler	$^1/_{100}$ bis $^1/_{500}$
B. Photographische Copirprocesse. (Directe Schwärzung im Lichte, ohne eigentliche Hervorrufung.)	
Chlorsilberpapier (durch Baden von Papier in Kochsalz und Silbernitrat)	$^1/_{3000}$ [1]
Gewöhnliches chlorsalzhaltiges Albuminpapier des Handels auf einem 10procent. Silberbade gesilbert	$^1/_{6000}$
Bromsilberpapier (durch Baden von Papier mit Bromkalium und Silbernitrat) mit überschüssigem Silbernitrat hergestellt	$^1/_{500}$
Bromsilberpapier (durch Baden von Papier mit Bromkalium und Silbernitrat) mit überschüssigem Bromkalium hergestellt	$^1/_{1500}$
Hochempfindliche Bromsilbergelatineplatte	$^1/_{600}$
Silbernitrat auf Papier (10procent. Lösung)	$^1/_{48000}$
Silberacetat auf Papier	$^1/_{48000}$
Buttersaures Silber auf Papier	$^1/_{48000}$
Oelsaures Silber	$^1/_{30000}$
Oxalsaures Silber mit Silbernitrat-Ueberschuss	$^1/_{150000}$
„ „ „ Ammoniakräucherung	$^1/_{37000}$
Weinsaures Silber mit Silbernitrat-Ueberschuss	$^1/_{42000}$
„ „ „ Alkalitartrat-Ueberschuss	$^1/_{33000}$
Citronensaures Silber mit Silberüberschuss	$^1/_{20000}$
„ „ „ Alkalicitrat-Ueberschuss	$^1/_{48000}$
Chlorsilbercollodion und Aristo-Papier	$^1/_{2000}$
Chromat-Gelatine (Pigmentpapier)	$^1/_{2000}$
Platinpapier mit heissem Kaliumoxalatentwickler	$^1/_{1500}$
Platinpapier, auscopirt (Pizzighelli-Process)	$^1/_{5000}$ bis $^1/_{12000}$
Pellet'sches Gummi-Eisen-Verfahren (Lichtpausprocess)	$^1/_{1500}$ bis $^1/_{3000}$
Asphalt, mit Terpentinöl entwickelt	$^1/_{30000}$ bis $^1/_{60000}$

Die relative Lichtempfindlichkeit der verschiedenen photographischen Präparate schwankt je nach der Anwendung verschiedener Lichtquellen und hängt von der Empfindlichkeit der Präparate gegen die Spectrum-Farben und spectrale Zusammensetzung des einwirkenden Lichtes ab. Diese Schwankungen sind so bedeutend, dass sie bei gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten (mit Eisenoxalat-Entwickler) und bei eosinhaltigen orthochromatischen Platten das 100fache ausmachen können, je nachdem man sie bei Tageslicht oder gelbem Natriumlicht prüft. Auch bei Gaslicht ist der Unterschied auffallend. Bei Brom- und Chlorsilbergelatine schwankt z. B. das Verhältniss der Empfindlichkeit beider um das 10fache, bei Bromsilber- und Jodbrom-

1) Diese Zahl ist nicht ganz genau festzustellen, da die relative Lichtempfindlichkeit bezogen auf eine nasse Collodionplatte von 1200 bis 5000 variirt.

silbergelatine um das 2 bis 4fache, je nachdem man bei Tageslicht oder Kerzenlicht die Prüfung auf Lichtempfindlichkeit vornimmt[1]). Es macht sich auch ein Unterschied der Wirkung des Tageslichtes bei verschiedenen atmosphärischen Verhältnissen geltend.

IV. Unregelmässigkeit in den Beziehungen zwischen Dauer der Lichtwirkung und Intensität der photographischen Bilder.

Die Undurchsichtigkeit eines entwickelten photographischen Bildes ist nicht proportional der Dauer der Belichtung. Es steigert sich hierbei die Wirkung allmählich, erreicht dann ein Maximum, ohne in einer directen Proportion mit der Dauer der Belichtung oder Intensität des wirkenden Lichtes zu stehen. — Ferner besteht zwischen den wirkenden Lichtintensitäten und den dadurch in gleicher Zeit erzeugten Schwärzungen von Chlorsilberpapier (ohne Hervorrufung) keine Proportionalität.

1. Zusammenhang der Intensität der Lichtwirkung mit der Undurchsichtigkeit entwickelter photographischer Jod-, Brom- und Chlorsilberplatten.

Abney studirte dies im Jahre 1874[2]) und zwar bei nassen Jod-Collodionplatten mit Eisenentwickler und Bromsilber-Collodionplatten (Emulsion) mit Albumin-Präservativ und alkalischem Pyrogallus-Entwickler. Er konnte allerdings die Verhältnisse von Dichte des Negativs und Lichtintensität in keine bestimmten Gesetze bringen, aber constatirte, dass hier die Qualität der Silbersalze und Art der Entwickelung grossen Einfluss haben.

Aus seinen Untersuchungen mit Bromsilbergelatineplatten geht aber deutlich hervor, dass die Wirkung des Lichtes auf Silbersalze mit Entwickelung in sehr kurzer Zeit unter raschem Ansteigen ein Maximum erreicht, dann bei weiterer Andauer keinen weiteren Zuwachs mehr bewirkt und dann durch die secundäre Erscheinung der Solarisation sogar wieder abnimmt (s. speciell über Solarisation Seite 261).

Bad-Collodion-Trockenplatten (mit Albumin-Präservativ) mit alkalischer Entwickelung geben Negative, bei denen die Undurchsichtigkeit in geringerem Masse als die Lichtintensität zunimmt. Wirkt auf Bromsilbergelatineplatten ein gleichmässig heller werdender Lichtstreifen AC (Fig. 44), so erhält man mit sehr starkem alkalischen Pyro-Entwickler und wenig Bromsalz durchaus keine analoge allmählich wachsende Schicht von reducirtem Silber, sondern eine Verminderung der Contraste (Curve DEF), mit einem langsamer wirkenden Entwickler und

1) Siehe III. Band dieses Werkes. S. 141.

2) Phot. News. 1874. S. 436 aus Philosoph. Magaz.

viel Bromsalz im schwachen Licht eine zu geringe Reduction, die bei stärkerem Licht unverhältnissmässig ansteigt, also Steigerung der Contraste (Curve *ABC*).

Diese enormen Schwankungen der Beziehungen der Dauer oder Intensität der Lichtwirkung mit der Undurchsichtigkeit des entwickelten Bildes machen sich auch in der practischen Photographie bemerklich. So z. B. wird ein Porträt auf Bromsilbergelatine bei gleich langer Exposition und Dauer der Entwickelung annähernd dieselbe Intensität der hellen Lichter (Gesicht etc.) geben, ob der Eisenoxalat-Entwickler Bromkalium enthält oder nicht; nur erscheint im ersten Falle, wo der Entwickler das Bromkalium (d. i. ein sog. Verzögerer der Entwickelung) enthält, in den Schatten keinerlei Zeichnung (sie bleiben glasig), im letzteren Falle, wo der Entwickler keinen Verzögerer enthält und kräftig wirkt, erscheinen auch in den Schatten die Details. —

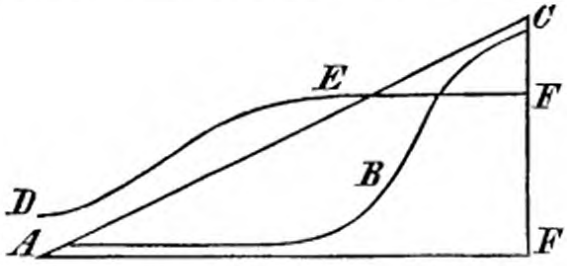


Fig. 44.

Die Wiedergabe der zarten Abtönungen zwischen Licht und Schatten nennt man die Gradation. Wird das Verhältniss der Beleuchtung harmonisch im photographischen Negativ wiedergegeben, so sagt man: die „Gradation“ ist eine gute; erscheint dagegen in der Reproduction ein grosses Missverhältniss zwischen Licht und Schatten, so ist die „Gradation“ eine schlechte; sind die Contraste zu gross, so nennt man das photographische Bild „hart“, sind sie zu gering, so nennt man es „flau“.

Aber selbst wenn photographische Matrizen eine erfahrungsgemäss gute Gradation aufweisen und in künstlerischem Sinne die Vertheilung zwischen Licht und Schatten des Originals correct wiedergeben, steht die Lichtwirkung keineswegs mit der Undurchsichtigkeit des entwickelten Bildes in einem geraden Verhältnisse.

Abney fand (Phot. Wochenbl. 1887. S. 175; aus Phot. News. 1887. S. 137), dass z. B. eine Emulsionsplatte bei immer steigender Belichtung an einer 3 m entfernten Lichtquelle von 10 Kerzenstärken und folgender Entwickelung mit Eisenoxalat folgende Dichtigkeit an den reducirten Stellen gibt:

Belichtung	Transparenz des reducirten Silbers photographischer Werth	optischer Werth
10 Secunden lang	105	104
20 „ „	71	71,5
40 „ „	39,5	40
80 „ „	19,7	17
160 „ „	9,8	7,5

In dieser Tabelle ist die Undurchsichtigkeit des reducirten Silbers einerseits in Bezug auf den optischen Werth angegeben (d. i. Beurtheilung mit dem Auge), andererseits auf den photographischen Werth (d. i. die Undurchsichtigkeit beim Copiren auf ein photographisches Papier). Man bemerkt, dass diese Ziffern wohl beiläufig im selben Sinne sich ändern, aber nicht identisch sind; bei blauschwarzen Silberschichten weichen die beiden Zahlenreihen wenig von einander ab (z. B. beim Entwickeln von Bromsilbergelatine mit Eisenoxalat), bei einer gelbbraunen Färbung des reducirten Silbers erscheinen die Schichten für das Auge aber oft noch ziemlich durchsichtig, besitzen aber beim Copiren der Schicht auf photographische Papiere (vermöge der inactinischen Farbe) eine starke Deckkraft.

Selbstverständlich gelten diese Ziffern nur für einen einzelnen speciellen Fall und ändern sich mit der Art der Emulsion und Entwickelung. Jedoch geht deutlich hervor, dass die Schwärzung der Silberverbindung durchaus nicht proportional der Lichtwirkung erfolgt [1]).

Um die Gradation von photographischen Negativen zu untersuchen, empfiehlt es sich, die Lichtwirkung stufenweise und regelmässig ansteigend zu vermehren, die Platte zu entwickeln und die Transparenz des Niederschlages zu bestimmen. Man kann hierbei folgendermassen vorgehen:

1. Man bedeckt eine photographische Platte mit einem undurchsichtigen Schirme, stellt eine constante Lichtquelle vor demselben auf und schiebt den Schirm nach 1, 2, 3, 4, 5 Secunden um ein Stück von der Platte weg, so dass eine entsprechende Lichtwirkung erfolgt. — Oder:

2. Man belichtet eine Platte unter Spurge's oder H. W. Vogel's Röhrenphotometer (s. unten). — Oder:

3. Es wird Abney's Apparat in Anwendung gebracht.

Abney's Methode besteht in Folgendem:

Ein drehbarer Cylinder *C* (Fig. 45) trägt auf seiner Oberfläche eine Anzahl von Dreiecken, welche abwechselnd weiss und schwarz, d. i. mit Zinkoxyd und Russ bestrichen sind; sie sind, wie die Figur zeigt, so angeordnet, dass auf der einen Seite die breite Basis aller schwarzen, auf der anderen Seite aller weissen Dreiecke (von gleicher Grösse) sich befindet. Wenn man den Cylinder mit der Scheibe *P* in rasche Bewegung setzt, so erscheint der Cylinder allmählich vom Weiss, durch Grau gegen Schwarz abschattirt; so z. B. entsprach der graue Ton auf der mittleren Leitlinie einem Verhältniss von Weiss zu Schwarz wie 1 : 1. Zum Versuche beleuchtet man den Cylinder mit einer constanten Lichtquelle, während er sich dreht, und photographirt ihn. Das entstehende Negativ ist allmählich von Schwarz bis Weiss abschattirt; aber die Transparenz ist nicht vollkommen proportional der Menge des Lichtes, welche einwirkte; ähnliche abgetonte Negative erhielt Abney durch Photographiren eines sich drehenden Sternes aus weissem Carton auf schwarzem Grunde.

Zur Bestimmung der Transparenz des Silberniederschlages, welcher auf den hervorgerufenen photographischen Platten entsprechend den verschieden starken Lichtwirkungen entsteht, kann auf verschiedene Weise vorgegangen werden:

---

1) Vergl. auch Burton (Phot. Wochenbl. 1882. S. 399 aus Phot. News. 1882. S. 707); Janssen, Phot. Wochenbl. 1881. S. 219 (s. auch weiter unten, Capitel Photometer).

Um die Durchsichtigkeit (Transparenz) der Negative zu bestimmen, verwendet Abney folgenden Apparat: Ein Prisma von Rauchglas ABC (Fig. 46) ist an ein anderes farbloses Prisma ADC angebracht, so dass es mit ihm ein System von parallelen Flächen bildet, welches die Lichtstrahlen nicht ablenkt. Das Negativ C (Fig. 47) ist auf ein mattes Glas V neben dem Prismensystem A gelegt. Eine Platte, welche ein Fenster F aufweist, gleitet über die Seiten MN und PQ eines metallischen Halters $MNPQ$. Man beleuchtet den Apparat durch Tageslicht oder monochromatisches Licht und schiebt diejenige Stelle des Negatives unter den fensterartigen Ausschnitt F und bewegt dann gleichzeitig das Negativ mit dem Fenster F über die Prismencombination, bis man eine Stelle bei letzterem findet, welche die Transparenz der zu untersuchenden Stelle des Negatives besitzt.

Wenn z die Dicke der Partie a des Rauchprismas ist, welche sich in diesem Augenblicke unter dem Fenster F befindet, und wenn λ der Extinctionscoëfficient des Rauchglases ist, kann man die Transparenz des Prismensystems bei a berechnen, welche gleich der Transparenz des Negatives ist. Sei J die Intensität des Lichtes,

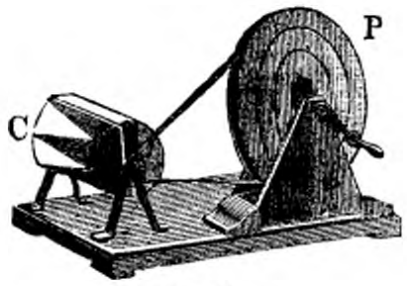


Fig. 45.

Fig. 46.

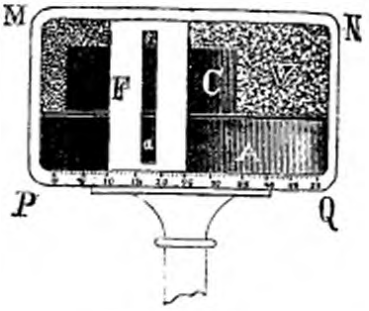


Fig. 47.

welches den Apparat erhellt und J′ die Intensität des Lichtes, welches die Partie a des Systemes durchsetzt, so ergibt sich[1])

$$\frac{J}{J_1} = 10^{\lambda z}$$

und die gesuchte Transparenz T ist dann:

$$T = \frac{J'}{J}.$$

Die Dicke z ist angegeben auf einer Gradeintheilung, welche auf der Seite NQ in Metall eingravirt ist.

Abney construirte später zur Bestimmung der Transparenz der photographischen Silberniederschläge noch folgenden, auf einem anderen Principe beruhenden Apparat:

Eine Lichtquelle beliebiger Art wird in A (Fig. 48) aufgestellt; eine Linse L, befindet sich in der Entfernung ihrer äquivalenten Brennweite (z. B. 9 Zoll). Das Negativ N, dessen verschiedene Dichtigkeit des Niederschlages gemessen werden soll, ist vor der Linse angebracht und eine andere Linse $L_{,,}$ wirft das Bild auf den Schirm S, vor welchem sich ein Stab R befindet, dessen Schatten auf den Schirm fällt. — Seitlich von der Lichtquelle A wird ein Spiegel M angebracht, welcher das Licht gegen den Stab R wirft, so dass ein zweiter Schatten entsteht. Der Schirm S kann durchscheinend oder undurchsichtig sein. Ist kein transparentes Negativ eingeschaltet, so sind beide Schatten gleich stark. Wird jedoch bei N ein Negativ eingeschaltet, so wird das Licht AR geschwächt und es muss auch das vom Spiegel M reflectirte Licht

1) Ueber die Bestimmung des Extinctions- und Absorptions-Coëfficienten siehe Vierordt, Die Anwendung des Spectralapparates zur Photometrie etc. 1873.

geschwächt werden. Dies erreicht Abney durch eine rotirende Scheibe W, welche je nach Bedarf eine veränderliche Oeffnung enthält; die Rotation wird durch einen kleinen Elektromotor bewirkt. Die Oeffnung der rotirenden Scheibe kann während der Bewegung durch eine einfache Anordnung verändert werden. Da die Grösse der jeweiligen Oeffnung bekannt ist, kann man die entsprechende Transparenz des photographischen Silberniederschlages darnach berechnen [1]).

Die beifolgende Zeichnung (Fig. 49) stellt diesen Apparat in der Aussenansicht (Phot. Journal. 1890. S. 169) dar: A ist die Lichtquelle, also eine Gas-, Paraffin- oder

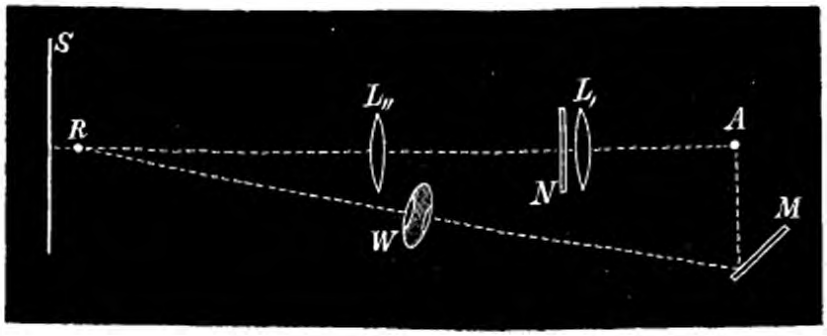


Fig. 48.

andere Lampe; B ist eine Linse von etwa 9 Zoll Focus, welche als Sammellinse dient; C ist ein doppelter Rahmen für Aufnahme des Negatives N, welcher eine Aufwärts- und eine seitliche Bewegung hat, so dass jeder Theil des Negativs gerade vor die Sammellinse gebracht werden kann; D ist eine Linse, welche benutzt wird, um das Negativ auf den Schirm E in den Focus zu bringen, welcher bis auf ein kleines Quadrat, auf welchem

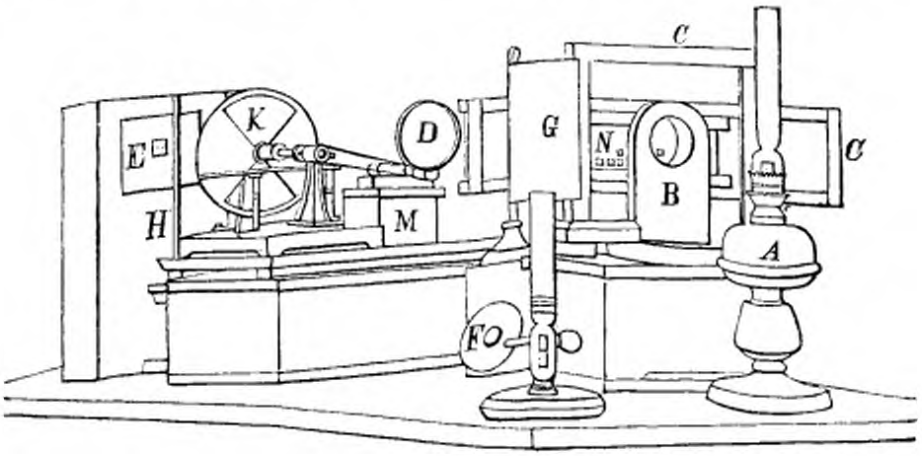


Fig. 49.

das Bild des Theiles erscheinen soll, schwarz ist; F ist ein Satz von Blenden, welche gemeinsam mit D benutzt werden, um wenn nöthig die Schärfe des Bildes zu erhöhen und seine Helligkeit abzuschwächen; H ist eine dünne Stange, welche dazu dient, den Schatten

1) Dr. Stolze bemerkt hierzu (Phot. Wochenbl. 1887. S. 131; Eder's Jahrbuch f. Photogr. für 1888. S. 461), dass die Abschwächung des Lichtes anstatt durch rotirende Scheiben viel einfacher auf folgende Weise geschehen kann: Man wirft das vom Spiegel reflectirte Licht so auf den Schirm, dass es einen Lichtkreis bildet und vergrössert oder verkleinert den Spiegel durch aufgelegte Blenden, deren Grösse die Helligkeit des Lichtkreises regulirt.

auf den weissen Fleck zu werfen; G ist ein ebener Spiegel, welcher einen Strahl auch auf E reflectirt; K ist der Rotationsapparat, welcher in den Weg des von G reflectirten Lichtes gestellt ist, um dasselbe beliebig abzuschwächen; M ist der kleine Elektromotor, welcher K treibt. Die Stange H ist so aufgestellt, dass der Schatten, welchen der von G reflectirte Strahl erzeugt und der vom Negativ hervorgerufene einander gerade berühren; beide werden dadurch an Helligkeit einander gleich gemacht, dass man die rotirenden Sectoren K mehr oder weniger öffnet.

Das zu messende Negativ wurde mit einer Eintheilung von $^1/_{24}$ Zoll Entfernung der Theilstriche versehen, für Fälle von plötzlichem Dichtigkeitswechsel wurde die Entfernung noch verringert. Dann wurde es in den Messapparat gebracht, worauf die Messungen begannen. Wenn die quadratförmigen Flecken gemessen wurden, benutzte man eine etwas dickere Stange H. Die Undurchsichtigkeiten der verschiedenen Theile des Ueberzuges wurden aus den Stellen berechnet, in denen das Negativ keinen Niederschlag zeigte, und die Oeffnung der Sectoren, bei welcher das directe und das reflectirte Licht im Gleichgewicht waren, als Ausgangspunkt genommen. Die nothwendige

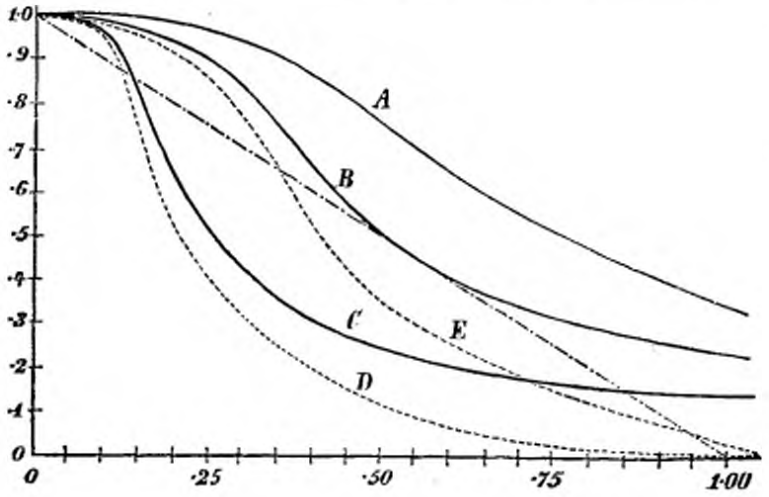


Fig. 50.

Oeffnung der Sectoren zeigte für eine beliebige Photographie nur sehr geringe Unterschiede.

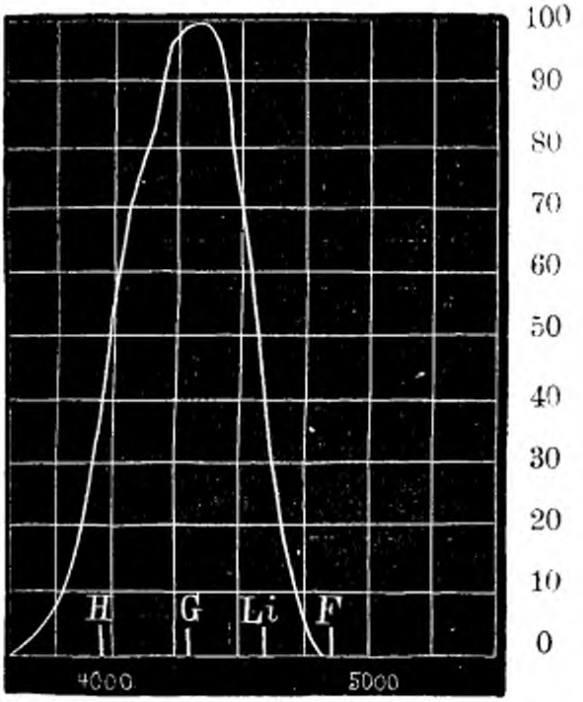
Die Dichtigkeitsscala, welche verschiedenen Expositionszeiten entsprach, wurde aus den Ablesungen der Quadrate entnommen, die Ablesungen der verschiedenen Theile der photographischen Platten wurden auf die so abgeleitete Curve angewendet und die den Expositionszeiten entsprechende Dichtigkeit in Tafeln eingetragen. Photographirt man das Spectrum, so wird die Curve mit den entsprechenden Fraunhofer'schen Linien in der gewöhnlichen Weise entworfen. Aus diesen Curven wurden diejenigen für das normale oder Wellenlängenspectrum berechnet, und diese Curven sind in den beifolgenden Zeichnungen (Fig. 51 bis 58) dargestellt.

Es scheint geboten, hier noch auf einen Punkt einzugehen, gegen den in den Resultaten ein Einwurf erhoben werden möchte. Es ist bei Ausführung der Scala angenommen, dass die Expositionsdauer mit der Lichtintensität proportional sei. Wenn die Exposition nur während eines sehr kleinen Bruchtheils einer Secunde erfolgt, so erscheint die Substitution der Expositionsdauer für die Intensität nicht wohl angemessen (s. Seite 290), wenn jedoch die Expositionszeiten solche sind, wie sie der Scala gegeben sind, ist die Substitution vollkommen berechtigt.

Die vorstehende Fig. 50 zeigt die Curve der Transparenz verschiedener Platten bei schwächerer und stärkerer Lichtwirkung, ansteigend von 0 bis 1,00, das ist von

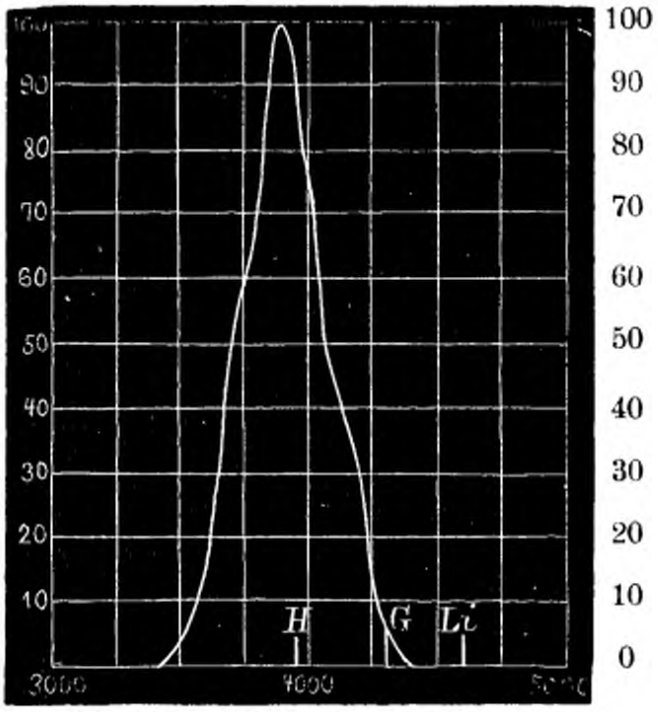
der Photographie von reinem Schwarz bis zu reinem Weiss. *A*, *B* und *C* gibt die Curven der Transparenz einer gewöhnlichen nassen Collodionplatte mit saurer Eisenvitriolentwickelung; 1 ist die gänzliche Durchsichtigkeit, 0 ist = der totalen Undurch-

Fig. 51.



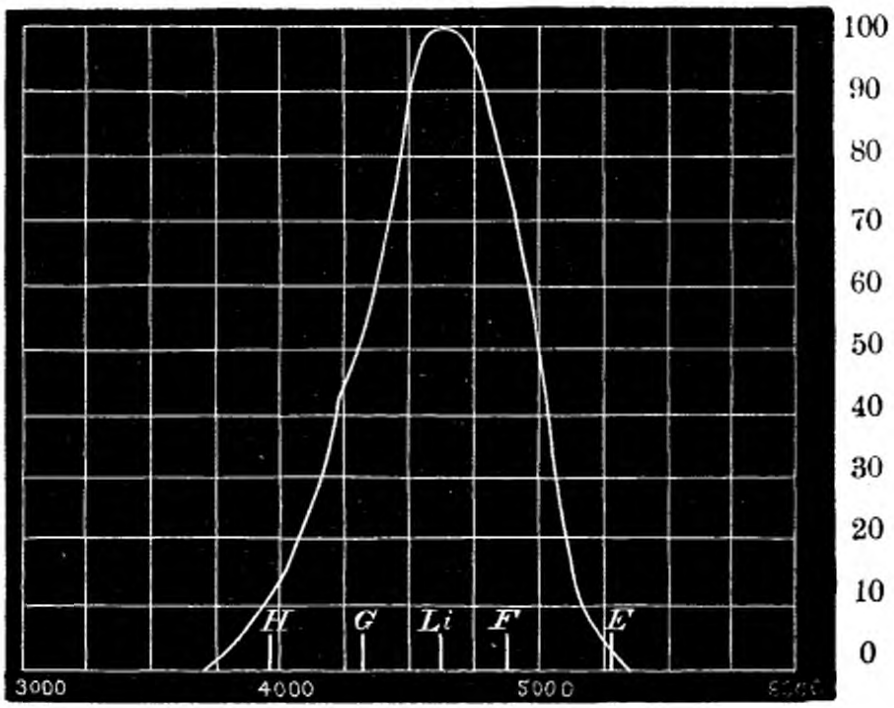
Bromsilber (Gelatineplatte) mit Hervorrufung.

Fig. 52.



Chlorsilber-Gelatine mit Hervorrufung.

Fig. 53.

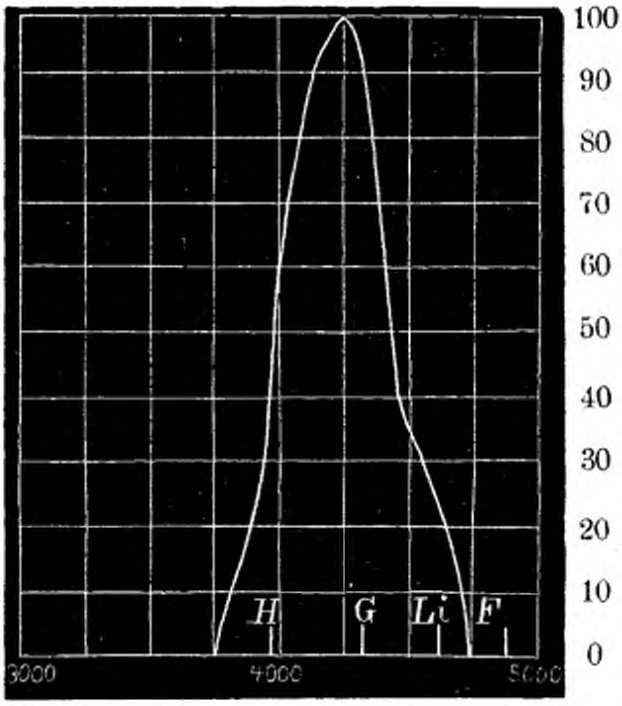


$Ag_2 Br I$.
Bromjodsilbergelatine mit Hervorrufung.

sichtigkeit des Niederschlages. Die Curven *D* und *E* geben das Verhältniss der Transparenz solcher Platten, welche in der gewöhnlichen Weise verstärkt wurden, wodurch die Dichtigkeit wächst; man sieht, dass die Abstufungen der Transparenz

annähernd gleich bleiben. Man bemerkt ferner, dass ein Verlust der Gradation sowohl in den starken Lichtern, als in den tiefsten Schatten eintritt, was thatsächlich in der practischen Photographie oft beobachtet werden kann.

Fig. 54.



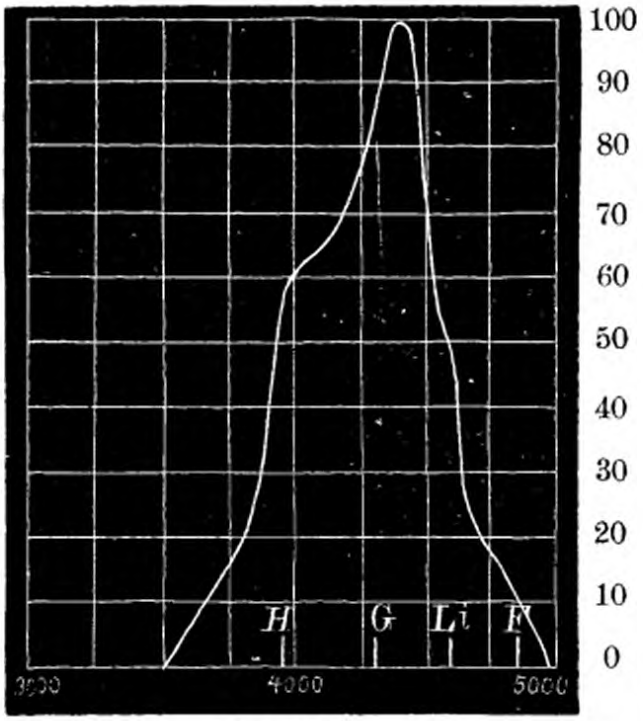
Chlorbromsilbergelatine mit Hervorrufung (Ag Br + Ag Cl).

Beim Verstärken der Matrizen zeigten andere Versuche, dass eine Verdoppelung der Undurchsichtigkeit der Schicht eintritt und zwar in vollkommen proportionaler Weise mit der ursprünglichen Dichte der Schicht, so dass die Gradation nicht gestört wurde.

Dagegen wurden beim Abschwächen mit Ferridcyankalium und Fixirnatron (jedenfalls in ziemlich starker Concentration) die zarten Stellen des Negativs verhältnissmässig 10 mal stärker als die dichteren Stellen angegriffen.

Später (Phot Journal. 1890. S. 169) untersuchte Abney die Intensität der Wirkung des Spectrums des elektrischen Bogenlichtes auf Brom-, Chlor- und Jodsilbergelatine, sowie auf Bromchlor- und Jodchlor-Emulsion und ferner auf erythrosinhaltige Gelatine-Emulsion (wie

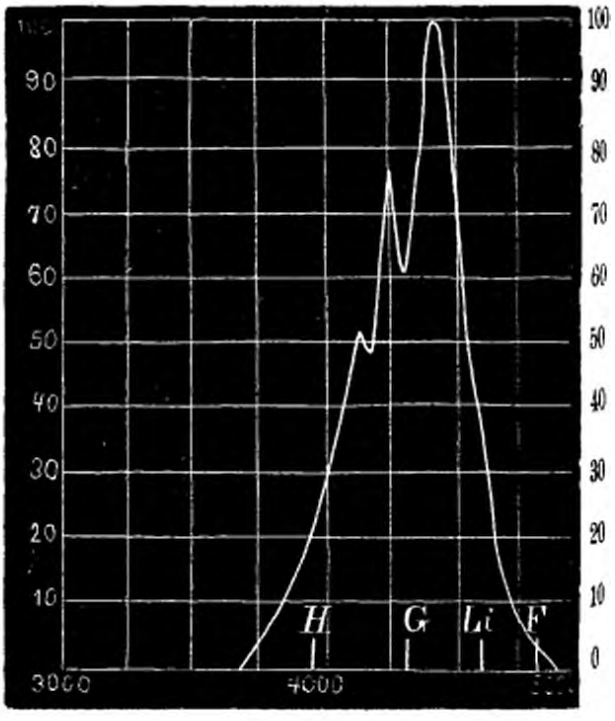
Fig. 55.



$\frac{3}{4}$ Ag Cl
$\frac{1}{4}$ Ag Br

Chlorbromsilbergelatine mit Hervorrufung.

Fig. 56.



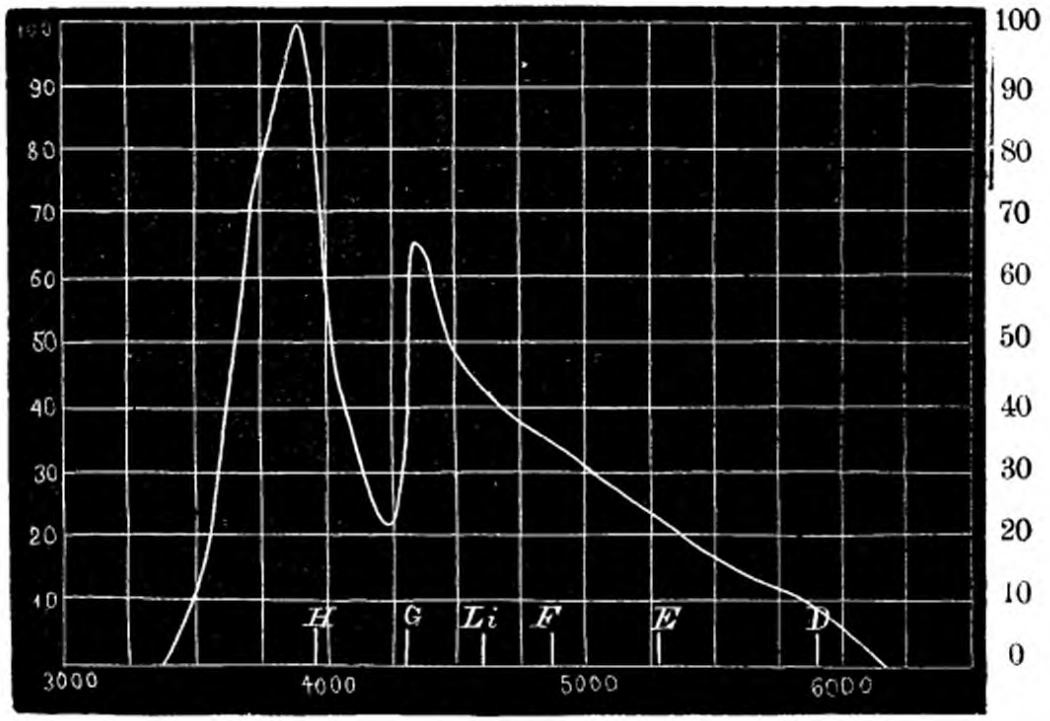
$\frac{3}{4}$ Ag Br
$\frac{1}{4}$ Ag Cl

Chlorbromsilbergelatine mit Hervorrufung.

man sie für orthochromatische Platten, nach Eder, verwendet). Das Resultat wird am besten durch die Curven in Fig. 51 bis 58 wiedergegeben. An der horizontelen Linie

sind die Wellenlängen des einwirkenden Spectral-Lichtes (sowie die Fraunhofer'schen Linien) aufgetragen; auf den verticalen Linien sind die entsprechenden Undurchsichtig-

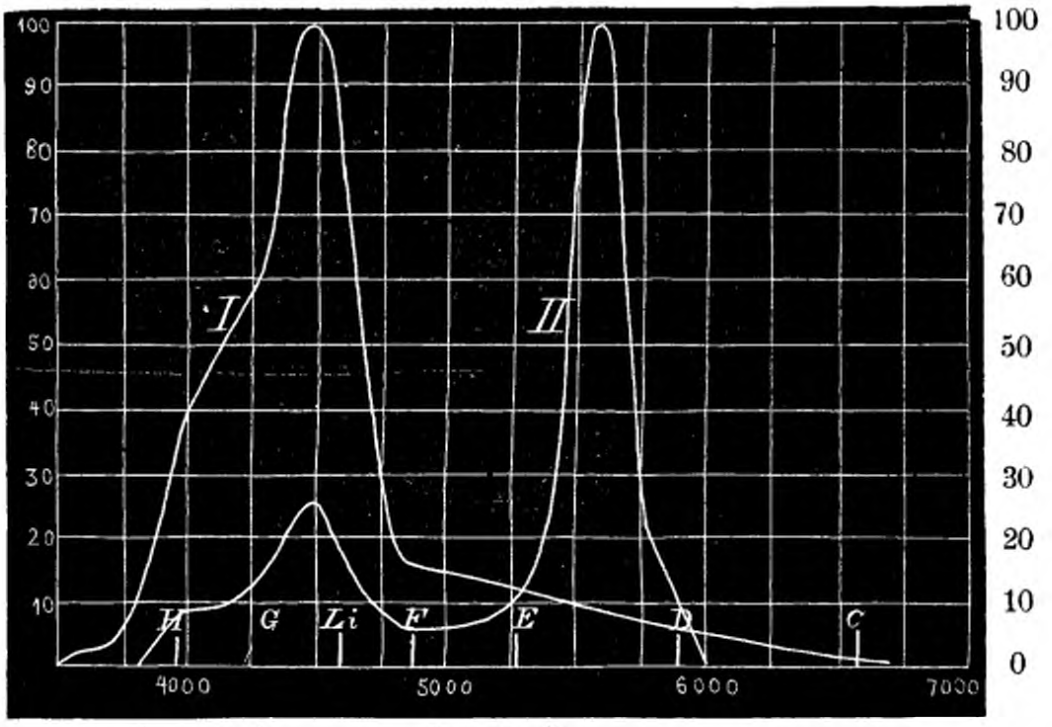
Fig. 57.



$\frac{3}{4}$ Ag Cl
$\frac{1}{4}$ Ag I

Chlorjodsilbergelatine mit Hervorrufung.

Fig. 58.



I ist $\frac{3}{4}$ Ag Br, $\frac{1}{4}$ Ag I — II ist $\frac{3}{4}$ Ag Br, $\frac{1}{4}$ Ag I } Gefärbt mit Erythrosin.

I. Bromjodsilbergelatine.
II. Bromjodsilbergelatine mit Erythrosin.

keiten der Silberniederschläge auf der photographischen Platte bezeichnet. Z. B.: zeigt Fig. 51, dass bei einer Bromsilberplatte die Undurchsichtigkeit der entwickelten Spectrumphotographie in der Nähe der Fraunhofer'schen Linie G am stärksten (= 100) ist, dagegen noch vor der Fraunhofer'schen Linie F bei dem vorliegenden Versuche = 0 war, d. h. die Platte dort völlig durchsichtig erschien. In ähnlicher Weise sind die folgenden Wirkungscurven zu verstehen.

Dr. Stolze[1]) (1883) gab eine andere Methode zur Bestimmung der Empfindlichkeit und Gradation photographischer Platten mittels des Sensitometers an. Er ging dabei von der Ansicht aus, dass alle bisherigen Sensitometer, welche auf Beurtheilung der Empfindlichkeit einer Platte nach der geringsten Lichtmenge, welche einen sichtbaren Eindruck noch einzuleiten vermag, keinen wahren Massstab für die factische Empfindlichkeit und noch weniger für die Qualität (nämlich ob hart oder weich arbeitend) einer Emulsion zu geben im Stande sind.

Eine bildliche Darstellung der möglichen Wirkungen, welche eine und dieselbe Lichtintensität auf verschiedenen Platten hervorbringen kann, wird dies deutlich machen. Auf der Linie AC (Fig. 59) seien die wirksamsten Lichtstärken AD, AE, AF, AG, AC von A als Nullpunkt aus als Abscissen aufgetragen, während die in den Punkten D, E, F, G, C errichteten Ordinaten die zugehörige photographische Wirkung repräsentiren. Wäre nun die photographische Wirkung der Lichtstärke proportional, so müssten die Endpunkte der Ordinaten in einer geraden Linie $A\,D'\,E'\,F'\,G'\,B$ liegen. Dieser Fall tritt aber bekanntlich nicht ein; es werden vielmehr, wenn CB die der Lichtintensität AC entsprechende photographische Wirkung darstellt, die Verbindungslinie der Punkte A und B eine Curve sein, welche entweder wie $A\,d''\,e''\,f''\,g''\,B$ ganz unterhalb, oder wie $A\,d'\,e'\,f'\,g'\,B$ ganz oberhalb der Geraden AB liegt, oder wie $A\,d\,e\,f\,g\,B$ die Gerade AB in einem Punkte schneidet, oder endlich sie kann eine Curve sein, welche die Gerade AB in mehreren Punkten schneidet. Aus der Betrachtung dieser Curven ersieht man:

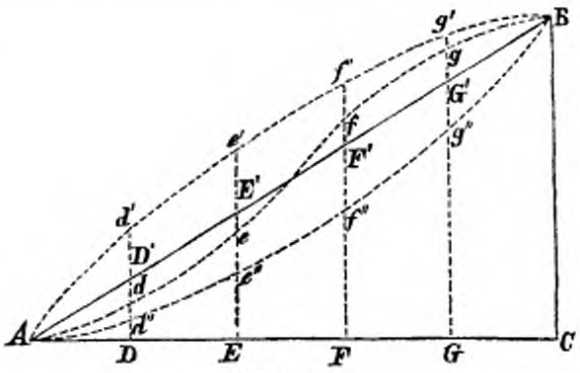


Fig. 59.

1. Dass die denselben entsprechenden Emulsionen (bei einer Maximallichtstärke = AC) folgende Eigenschaften besitzen würden. $A\,d''\,e''\,f''\,g''\,B$ würde die schwächsten Lichter (in der Nähe von A) sehr wenig angemessen und viel zu schwach wiedergeben, die hellsten Lichter (bis B) dagegen würden in der Photographie viel stärker zu unterscheiden sein als in Wirklichkeit, d. h. eine solche Emulsion würde brillant, dabei hart arbeiten. Eine Emulsion mit der Curve $A\,d'\,e'\,f'\,g'\,B$ würde zwar die tiefsten Schatten sehr stark differentiren, die höchsten Lichter aber fast gar nicht, d. h. sie würde zwar detailreiche Schatten, aber sonst monotone Negative geben. Eine Emulsion von der Curve $A\,d\,e\,f\,g\,B$ würde die Mängel beider Emulsionen, eine solche von verkehrter Krümmung, nämlich der untere Zweig ober AB, der obere unter AB liegend, wäre vielleicht die vortheilhafteste von allen vieren.

2. Dass die Curven, welche die Empfindlichkeit von vier, in ihrer photographischen Brauchbarkeit ganz verschiedenen Emulsionen darstellen, für die schwächste

1) Phot. Wochenblatt. 1883. S. 17.

(bei *A*) und stärkste Lichtintensität (bei *B*) demnach identische oder nahezu identische Resultate geben, d. h. im Sensitometer denselben Empfindlichkeitsgrad zeigen können.

Es geben also Sensitometerangaben, wie schon oben erwähnt wurde, nicht immer einen sichern Anhaltspunkt für die photographische Brauchbarkeit einer Emulsion.

Dr. Stolze will daher als Kriterium der Empfindlichkeit nicht die schwächste Lichtwirkung benutzen, sondern eine mittlere Lichtwirkung (einen Mittelton) an dessen Stelle setzen, um an ihrer Lage die Empfindlichkeit zu bestimmen. Zur Erreichung dieses Zweckes schlägt er folgenden Weg ein.

Er bereitet sich vorerst eine continuirliche Tonscala, welche alle Schattirungen von dichtestem Schwarz bis zur vollen Durchsichtigkeit zeigt, dadurch her, dass er auf eine schiefgestellte Spiegelplatte eine mit Tusch gefärbte Gelatinelösung aufgiesst[1]). Nach dem Trocknen der Schicht schneidet er aus der Glasplatte zwei vollkommen identische Scalen heraus; zwei aus dem Grunde, weil bei vergleichenden Versuchen bei Tageslicht zwei gleichzeitig wirkende Instrumente nothwendig sind.

Um diese Scalen benutzen zu können, müssen die Grössen der Lichtschwächung für die verschiedenen Punkte derselben vorerst bestimmt werden. Angenommen, es sei ein solcher Punkt vom Nullpunkt der Scala, wo keine Abschwächung stattfindet, nur die Strecke l entfernt; verbrennt man nun in bestimmter Distanz von der Scala zwei verschiedene Mengen m und M Magnesiumdraht (oder besser: dieselbe Menge Magnesium in verschiedenen Abständen; siehe „Magnesiumlicht", weiter unten) und constatirt den Abstand L, der Stelle vom Nullpunkt, wo bei der Lichtmenge M dieselbe Wirkung stattgefunden hat, wie bei der Lichtmenge m an der durch den Abstand l bezeichneten Stelle, so ergibt sich durch einfache Rechnung für die gesuchte Lichtschwächung A_l:

$$A_l = \left(\frac{m}{M}\right)^{\frac{l}{L-l}}$$

bezeichnet nur darin l die halbe Länge der Scala, so gilt der Werth des Absorptionscoëfficienten für den Punkt der Scala, wo genau die mittlere Lichtwirkung stattfindet. Für jeden anderen Punkt in der Entfernung λ vom Nullpunkt wird sein:

$$A_\lambda = \left(\frac{m}{M}\right)^{\frac{\lambda}{L-l}} = (A_l)^{\frac{\lambda}{l}}.$$

---

1) Hierbei verfährt Dr. Stolze folgendermassen: Er umgibt eine 22 cm lange und 12 cm breite Krystallglasplatte mit einem 1,5 cm hohen Papierrande (mit Kleister geklebt) oder Holzrande und legt sie mit der einen langen Kante auf eine gut nivellirte Unterlage, während die gegenüberliegende durch ein untergeschobenes Klötzchen genau um 1 cm gehoben wird. Er löst nun durch Wärme in 40 Theilen Wasser 1 Theil Heinrich's Gelatine und setzt ihr so viel fein geriebene chinesische Tusche zu, dass eine 1 cm dicke Schicht in der Durchsicht eben tintenschwarz erscheint. Jetzt fügt er der Lösung unter starkem Rühren vorsichtig so lange concentrirte Alaunlösung zu, bis sie eben zu erstarren beginnt und verflüssigt sie unter Erwärmen wieder durch Zusatz von Eisessig. Um beim Erstarren der Schicht ein Abspringen der Gelatine zu vermeiden, fügt er ihr noch $^1/_2$ Theil Zucker in möglichst wenig Wasser gelöst bei oder verschiebt die Färbung der Masse durch die Tusche bis zu diesem Zeitpunkt. Die so zubereitete Gelatinelösung giesst er nun unter Vermeidung von Luftblasen durch ein Musselinsieb auf die schrägstehende, weniger erwärmte Glasplatte, lässt sie erstarren und trocknet sie dann staubfrei. Aus einer solchen Platte schneidet er dann zwei Scalen von 10 cm Länge und Breite heraus. Vor dem Zerschneiden empfiehlt er, die Platte mit Rohcollodion zu übergiessen, um sie gegen den Einfluss der Feuchtigkeit zu schützen.

Mit Hilfe dieser Formel lässt sich leicht eine Tabelle berechnen, aus der sich die Werthe in jedem einzelnen Falle einfach ablesen lassen. Unter der auf die eben beschriebene Weise hergestellten Scala[1]) wird nun ähnlich, wie es bei Warnerke's Instrument geschieht, die zu prüfende Platte in einer angemessenen Vorrichtung belichtet, wobei die Wahl der Lichtquelle ebenso willkürlich wie dort ist, falls man nur die Umstände und Bedingungen der Belichtung genau feststellt und sich hütet, die Resultate mit den bei anderen Methoden gewonnenen zu vergleichen. Am einfachsten wird nach Stolze wohl immer die Benutzung einer bestimmten Menge in bestimmter Distanz verbrannten Magnesiumsdrahtes sein, während Tageslicht für vergleichende Versuche jedenfalls zwei gleichzeitig wirkende correspondirende Instrumente erfordert.

Wenn nun in solcher Weise eine Platte belichtet und mit einem bestimmten Normalentwickler hervorgerufen ist, so wird sie das Bild dieser Scala repräsentiren, welche zwar gleichfalls vom hellsten Weiss bis zum Schwarzgrau reicht, aber nur nicht mehr der Forderung entspricht, dass, vom reinen Weiss ab gerechnet, die Lichtabschwächung proportional sei. Je nach der Qualität der Emulsion wird sich vielmehr dies Verhältniss verändern; es wird ausserdem die erste Lichtwirkung an sehr verschiedenen Stellen beginnen und überhaupt alle möglichen Variationen zeigen. Um dies festzustellen, benutzt Dr. Stolze eine Vergleichsscala (Positivscala), welche zwar der ursprünglichen Transparentscala (Negativscala) entsprechend sein muss, aber, da sie für die Aufsicht berechnet ist, so erzeugt wird, dass die gefärbte Gelatineschicht nur halb so dick ist, als bei der Negativscala[2]). Ueberzieht man die Positivscala mit einer gut deckenden weissen Farbe, so wird sie, durch das Glas in der Aufsicht betrachtet, alle Abstufungen von Hell und Dunkel genau wie die Negativscala zeigen, da das Licht, indem es die Schicht zweimal passiren muss, genau gleich dick absorbirende Schichten zu durchdringen hat, als bei jener.

Mit der Positivscala wird nun das auf der zu prüfenden Platte erzeugte Bild (entweder vor oder nach dem Fixiren) verglichen. Hierzu bringt man die Positivscala so neben das Bild, dass die Lichtabstufungen in derselben Richtung laufen und dass der Mittelton der Scala (bei der Länge l), der ein- für allemal markirt ist, genau neben dem entsprechenden Ton der Copie zu liegen kommt. Indem man nun dann die Positivscala, ohne sie seitlich zu verrücken, dreht, sucht man sie in eine Lage zu bringen, bei der auch die übrigen Töne vom Hellsten bis zum Dunkelsten möglichst vollständig an die entsprechenden des Bildes stossen. Je vollständiger und mit je geringerer Drehung dies möglich ist, um so besser ist die Emulsion in Bezug auf Wiedergabe der Lichtverhältnisse; je näher anderseits der Mittelton des Bildes seiner geometrischen Mitte und damit der weissen Seite rückt, um so höher ist die Empfind-

---

1) Diese Gattung Scalen werden ebenso wie jene Warnerke's (s. u.) keine constante Dichtigkeit besitzen, da genaue Mischungsverhältnisse zwischen Gelatine und Tusch schwer einzuhalten sein werden, überdies diese Substanzen in sehr verschiedenen Qualitäten in Handel kommen. Dies thut indessen der Brauchbarkeit der mit einem und demselben Instrumente gemachten Beobachtungen keinen Eintrag, nur dürften derlei Instrumente, streng genommen, ebenso wenig wie Warnerke's Sensitometer als „Normal-Sensitometer" angesehen werden. Wohl könnten aber die Angaben derselben auf irgend ein allgemein anerkanntes „Normal-Instrument bezogen, respective die möglichst uniform hergestellten Scalen durch Vergleichung mit der Scala eines Normalinstrumentes mit den nöthigen Correctionscoëfficienten versehen werden.

2) Die Positivscala wird analog der Negativscala hergestellt, nur darf hier das Ende der geneigten Glasplatte nur um einen halben Centimeter gehoben werden.

jichkeit der Emulsion, die sich zahlenmässig bestimmen lässt, indem man mit dem Abstande dieses Punktes vom dunklen Ende des Bildes in die berechnete Tabelle eingeht und die danebenstehende Zahl, die nun nicht mehr Lichtabschwächung, sondern die allgemeine Empfindlichkeit bedeutet, herausgreift. Diese hat natürlich nur eine relative Bedeutung; einen practischen Werth erhält sie dann, wenn sie mit der für ein anderes Präparat gewonnenen Zahl verglichen wird.

Der Hauptnutzen dieses Verfahrens liegt nach Dr. Stolze darin, dass man damit mit Leichtigkeit den generellen Verlauf der die inneren Empfindlichkeitsverhältnisse der Emulsion repräsentirenden Curve bestimmen kann. Will man für irgend zwei Lichtstärken untersuchen, wie weit die Emulsion die zwischen ihnen und zu beiden Seiten derselben liegenden Töne wiedergibt, so braucht man nur die entsprechenden beiden Schattentinten der Scala mit denen der Platte zur Deckung zu bringen und nun zu sehen, in wie weit die übrigen stimmen. Liegen beispielsweise die Mitteltöne zwischen jenen beiden näher an dem helleren, als auf der Scala, so bedeutet dies, dass die Curve der Emulsion auf dieser Stelle unterhalb der geraden Linie AB (s. Fig. 59) liegt; rücken die dunklen Schattentöne plötzlich dicht zusammen, so senkt sich die Curve zur Horizontalen, wie $f' g' B$ oder fgB, und es ist Gefahr der Solarisation vorhanden; nehmen die hellsten Töne langsamer zu, als bei der Scala, so liegt die Curve unterhalb AB wie Ade oder $Ad'' e''$; mit einem Worte, man erhält eine generelle Anschauung von der Leistungsfähigkeit der Emulsion, wie sie auf keine andere Weise gewonnen werden kann. Ja man kann sogar eine Curve, wie die auf der Fig. 59 (S. 304) mit grosser Genauigkeit bestimmen. Misst man nämlich die Strecke vom Beginn der Lichtwirkung bis zur dunkelsten Färbung und trägt sie als horizontale Basis entsprechend AC auf, sucht man dann auf der Platte die Färbungen auf, welche denen der Positivscala an den Punkten 1, 2, 3, 4 . . cm entsprechen, und markirt ihre Orte auf der horizontalen Basis, so braucht man diesen Punkten auf der Basis nur senkrechte von der Länge 1, 2, 3, 4 . . cm zu errichten und ihre Endpunkte durch eine Curve zu verbinden, um die Aufgabe zu lösen.

Bei allen diesen Proceduren sind Messungen auf der copirten Platte nothwendig. Um diese zu erleichtern, könnte man nach Dr. Stolze ein- für allemal einen Massstab von 0 — 10 cm, in Millimeter getheilt, auf der Negativscala anbringen, der dann mitcopiren würde. Da indessen durch die weiss bleibenden Linien leicht die richtige Beurtheilung der Schattentöne beeinträchtigt werden kann, so hält es Stolze für besser, auf der Negativscala nur Anfang, Mitte und Ende durch eine Linie zu markiren und im einzelnen Falle einen kleinen, bis auf halbe Millimeter getheilten Elfenbeinmassstab zu benutzen.

Treyer Evans untersuchte 1887 den Einfluss von Natriumthiosulfat (Fixirnatron), Natriumsulfat, Chlornatrium und Magnesiumsulfat auf Bromsilbergelatineplatten und Eisenoxalat-Entwickler. Er belichtete Streifen von Bromsilbergelatineplatten gleichmässig bei Kerzenlicht, badete dann die Streifen in Lösungen dieser Salze (1 : 1000) und legte sie gleich lange in Eisenoxalat-Entwickler; ein Streifen wurde ohne vorhergehende Behandlung in Eisenoxalat entwickelt. Es zeigte sich, dass alle diese Bäder die Intensität der Schwärzung des entwickelten und fixirten Bildes vermehrten, am stärksten das Vorbad von Fixirnatron, welches die Undurchsichtigkeit der reducirten Silberschicht um 55 Proc. erhöht.

Zur photometrischen Bestimmung der Undurchsichtigkeit der Silberniederschläge benutzte Evans folgenden Apparat, welcher auf das Princip des Bunsen'schen Photometers (Papier mit Fettfleck) gegründet ist. (Fig. 60.) Ein Zinkblechkasten hat bei AA beiderseits Löcher von $^1/_8$ Zoll; ihnen gegenüber auf der Scheidewand B das Papier

mit dem Fettfleck. In der Richtung *A A* stehen zwei Normal-Kerzen, *C* ist eine Feder, welche die geschwärzte Bromsilberplatte andrückt, *T T* sind Beobachtungsröhren, *M M* zwei geneigte Spiegel. Beim Bunsen'schen Photometer wird bekanntlich die eine Lichtquelle so lange verschoben, bis der Fettfleck verschwindet; dann ist die Vorder- und Rückseite des Papieres gleich hell beleuchtet. Aus der Distanz der Kerzen berechnet man die Helligkeit, welche proportional ist dem Quadrate der Entfernungen. Bei Evans' Photometer wird das Bild des Fettfleckes durch Spiegel in der Richtung der Beobachtungsröhre reflectirt (Eder's Jahrbuch f. Photogr. für 1889. S. 166).

Auch Dr. Michalke (Phot. Mitth. Bd. 27. 1890. S. 124) bestimmte die Abhängigkeit der Schwärzung der Silberschicht im Entwickler bei verschiedener Belichtungszeit und fand, ähnlich wie seine Vorgänger, dass keine directe Proportionalität herrschte. Er belichtete verschiedene Felder einer Bromsilber-Gelatineplatte um 50 Proc. stärker als das vorhergehende Feld; die Transparenz nahm bei kurzen Belichtungen nur um 8 Proc. ab, später um 13—14 Proc. und bei noch längerer Belichtung um 30—47 Proc.

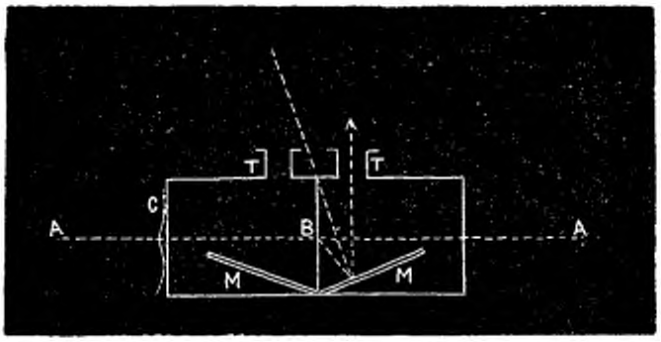


Fig. 60.

Sehr eingehend studirten Ferd. Hurter und Driffield die Dichte der Reduction auf photographischen Bromsilber-Gelatineplatten unter Anwendung verschiedener Entwickler und verschiedener Belichtungszeiten (Phot. Journal. 1890. Juni. S. 217). Sie benutzten zur Bestimmung der Transparenz der verschiedenen dichten Silberreductionen ein kleines Bunsen'sches Fettfleck-Photometer. Sie stellten folgende Regeln auf:

1. In der Periode der sehr kurzen Belichtung (Unterexposition von Matrizen) wird auf Bromsilber-Gelatineplatten mit alkalischem Pyro- oder Eisenoxalat-Entwickler u. dergl. das Silber ungefähr proportional der Belichtungszeit ausgeschieden. Z. B. ist

bei der Belichtungszeit:	die Dichte des Silberniederschlages an der fixirten Matrize:
1 Sec.	1
2 Sec.	2,1

2. In der Periode der correcten Aufnahmezeit und Entwickelung ist die Dichte des Silber-Niederschlages proportional den Logarithmen der Expositionszeiten und zwar werden die Beziehungen zwischen D = der Dichte des Niederschlages, J = Lichtintensität, t = Expositionszeit durch die Gleichung

$$D = \gamma \, [\log J.t \cdot \pm C]$$

annähernd ausgedrückt, wobei γ = einer Constantengrösse, welche von der Art der Hervorrufung abhängt und C = einer Constanten, welche von der Art der Bromsilber-Gelatineplatte abhängt, ist. Z. B. gab eine Plattensorte die Resultate $D = 1{,}75 \times \log \cdot J \cdot t$, weil in diesem speciellen Falle C = 0 war, wie die durch das Experiment ausgemittelte Tabelle ergibt.

Expositionszeit	Experimentell ermittelte Dichte des Silberniederschlages	Nach obiger Formel berechnete Dichte
10 Sec.	1,74	1,75
20 „	2,37	2,27
40 „	2,91	2,75
80 „	3,33	3,30

Nach Hurter und Driffield erfolgt die Vertheilung der Dichte der Negative in Licht und Schatten bei correcten Negativen nach diesem Gesetze.

3. In der Periode der Ueber-Exposition verschwinden die Unterschiede zwischen schwächerer und stärkerer Lichtwirkung fast vollständig und wird eine annähernd gleiche Silberreduction an allen Bildstellen bewirkt, während

4. in der Periode der Solarisation die Lichtwirkung wieder zurückgeht.

Folgende Tabelle gibt die Undurchsichtigkeit einer entwickelten Bromsilber-Gelatineplatte, welche mit einer Meter-Kerze von 1 Sec. bis 8000 Sec. belichtet wurde:

Belichtungszeit	Undurchsichtigkeit gefunden	Belichtungszeit	Undurchsichtigkeit gefunden
1 Sec.	0,060	128	1,875
2 „	0,160	256	2,290
4 „	0,340	512	2,535
8 „	0,500	1024	2,985
16 „	0,715	2048	3,115
32 „	0,940	4096	3,280
64 „	1,345	8192	3,405

Für die kurzen Belichtungszeiten (von 1—16 Secunden) sind die Undurchsichtigkeiten annähernd proportional der Lichtwirkung, indem eine 8mal längere Belichtungszeit eine ungefähr 8mal stärkere Undurchsichtigkeit bewirkt. Die Undurchsichtigkeiten der Silberreduction bei einer Belichtungsdauer von 16 bis 2048 Secunden entsprechen annähernd den nach der Formel

$$D = \gamma\ [\log \cdot J \cdot t \pm C],$$

wobei für die angewendete Plattensorte und Entwicklerart $\gamma = 1{,}176$ und $C = 0{,}579$ war.

Nach einer über 2048 Sec. erfolgenden Belichtungszeit beginnt die sub 3 erwähnte Periode der Ueberexposition.

Von den weiteren von Hurter und Driffield mitgetheilten Formeln und Beobachtungen theile ich nur noch die folgenden mit.

Inwiefern verschiedene Entwickler bei derselben Belichtungszeit und gleichen Bromsilber-Gelatineplatten eine abweichende Progression der Schwärzung der Schichte mit zunehmender Belichtungszeit geben, geht aus der folgenden Tabelle hervor.

Expositionszeit	Dichte der Silberschicht nach dem Hervorrufen.			
	Eisenoxalat	Pyrogallol	Hydrochinon	Eikonogen
16 Sec.	0,310	0,320	0,410	0,300
20 „	0,535	0,550	0,695	0,470
40 „	0,810	0,805	1,000	0,645
80 „	1,080	1,005	1,400	0,820

Die Intensität der Dichte der Silberreduction in der Bromsilberschichte wächst nur bis zu einem gewissen Grade beim fortgesetzten Hervorrufen der Platte, darüber hinaus nimmt die Dichte nicht mehr wesentlich zu, wie dies folgende Tabelle ergibt.

Zeitdauer der Hervorrufung	Dichte der Silberschicht nach dem Hervorrufen mit Eisenoxalat.	
	Gefunden	Berechnet
5 Min.	0,332	0,290
10 „	0,462	0,464
15 „	0,569	0,568
20 „	0,582	0,628
25 „	0,660	0,665
30 „	0,660	0,687

Diese Reduction hängt von der Zeitdauer der Hervorrufung in der durch die nachstehende Gleichung ausgedrückten Weise ab:

$$D_t = D\,(1 - a_1),$$

worin D_t = der Dichte des Silberniederschlages nach t Minuten langer Hervorrufungsdauer, D = der Grenze der Dichte bei sehr langer Hervorrufung und t die Zeitdauer der Hervorrufung (ausgedrückt in Minuten) und a_1 eine Constante ist, welche von der Natur der Schicht und des Entwicklers abhängig ist. Beim Pyrogallol-Entwickler hängt die Zunahme der Dichte des Silberniederschlages während des Hervorrufens sehr von dem Mischungsverhältnisse des Entwicklers ab, indem concentrirte Entwickler viel rascher undurchsichtige Schichten geben, als verdünnte Entwickler.

2. Bei den photographischen Copirprocessen (ohne Hervorrufung) schreitet die Schwärzung im Lichte nicht im selben Grade wie die Intensität des einwirkenden Lichtes vor und geht nicht mit der verlängerten Zeitdauer der Lichtwirkung parallel.

Dies gilt für Chlorsilberpapier ohne Entwicklung, für Pigmentpapier (Gemenge von Gelatine, Kaliumbichromat und Russ) etc. Ein Chlorsilber- oder Albuminpapier, welches 2, 3, 4mal länger belichtet ist, erscheint durchaus nicht 2, 3, 4mal dunkler gefärbt. Ebensowenig wächst die Undurchsichtigkeit oder Schwärze eines Pigmentpapiers mit der Dauer der Belichtung. Diese Differenzen lassen sich durch gewisse, mannigfaltige Operationen steigern und verringern, wozu die photographische Technik die empirischen Hilfsmittel gibt. (Vergleiche die Anleitung zur Ausübung der photographischen Verfahren im weiteren Verlaufe des Werkes.)

Genaue Bestimmungen dieser Art verdanken wir zuerst Bunsen und Roscoë[1]), welche die Schwärzung des Chlorsilberpapieres studirten, um die Grundlagen für ihr Photometer zu finden. So waren z. B. für die Lichtmengen 5 und 1 die entsprechenden Schwärzungen 0.50 und 0,22. Man kann bei äusserst schwachen Schwärzungen der photogra-

1) Poggendorff's Annalen. Bd. 117, S. 529.

phischen Schicht noch sehr kleine Unterschiede in der Schwärzung durch das Auge wahrnehmen, bei intensiven Schwärzungen ist dagegen eine solche Schätzung unmöglich.

Zur genauen Bestimmung der Zeitdauer der Einwirkung des Lichtes auf Chlorsilberpapier benutzten Bunsen und Roscoë den „Pendel-Apparat", welcher weiter unten (Capitel Photometer) beschrieben ist.

Zur Messung des Grades der Schwärzung des Papieres diente ihnen eine rotirende Scheibe mit schwarz und weissen Sectoren, deren Verhältniss zu einander beliebig verändert werden konnte. Indem man $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$ u. s. w. der Scheibenoberfläche aus schwarzen Sectoren bestehen lässt, erhält man die entsprechenden Schwärzungen $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$ u. s. w. auf der in Rotation versetzten Scheibe, deren mittlerer Theil mit dem zu vergleichenden, durch die Lichtwirkung veränderten Papiere ausgefüllt war.

In Anbetracht der Wichtigkeit dieses Gegenstandes für die Kenntniss der photographischen Copirverfahren befasste sich Abney neuerdings mit Untersuchungen über den Grad der Schwärzung von Silberpapieren im Lichte (Phot. News. 1877. S. 344). Er belichtete Chlorsilberpapier in einzelnen Feldern allmählich länger und erhielt auf diese Weise Abstufungen der Schwärzung vom blossen Grau bis Schwarz. Es wurde nun in jeder photographischen Schwärzung das Verhältniss von Weiss und Schwarz numerisch bestimmt. Dies geschah mit dem in Fig. 61 abgebildeten Cylinder, dessen Mantelflächen mit abwechselnden Lagen von einander vollkommen gleichen weissen und schwarzen Papiersectoren überzogen war (vergl S. 298). Beim raschen Rotiren des Cylinders entstand durch Integration der zwei Farbentöne der Sectoren, zwischen dem Schwarz auf dem einen Ende und dem Weiss auf dem anderen, eine Reihe von allmählich verlaufenden grauen Tönen, deren Tiefe durch das Verhältniss der auf jeder Leitlinie befindlichen Menge von Weiss und Schwarz ausgedrückt werden konnte. So z. B. entsprach der graue Ton auf der mittleren Leitlinie des Cylinders einem Verhältniss von Weiss zu Schwarz wie 1 : 1, jener auf $^1/_4$ vom schwarzen Ende einem Verhältniss von Weiss zu Schwarz wie 1 : 3.

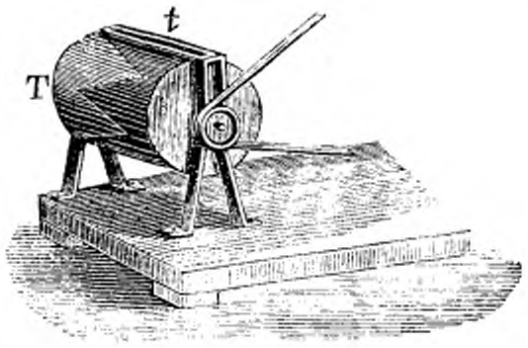


Fig. 61.

Der Vergleich von photographischem, im Lichte geschwärztem Papier mit der auf dem Cylinder erhaltenen Tonabstufung geschah durch den Schlitz *t* des Reiters und es liess sich somit jede photographische Schwärzung durch das Verhältniss von Weiss und Schwarz, welches in dem ihr entsprechenden grauen Farbenton enthalten war, numerisch oder graphisch ausdrücken.

Abney benutzte die durch den rotirenden Cylinder entstehende Scala als Normalscala und bezog die weisse und schwarze Farbe der Sectoren auf zwei Normalfarben, nämlich Zinkweiss und Lampenschwarz, welche nach der von Bunsen und Roscoë angegebenen Methode bereitet waren.

Mittels des vorbeschrieben Apparates untersuchte Abney beispielsweise die verschiedenen Grade von Schwärzungen, welche durch verschieden lang andauernde Belichtungen und verschiedene Lichtintensitäten auf Chlorsilberpapier hervorgebracht werden. Das gleichförmig präparirte Papier wurde unter einer rotirenden Scheibe belichtet, in welcher ein Sector derart ausgeschnitten war, dass die Belichtungszeit des empfindlichen Papieres, vom Mittelpunkt der Scheibe an gerechnet, gegen den Umfang

zu, in arithmetischer Progression zunahm. Es ist klar, dass die resultirenden Schwärzen durch die mittlere Lichtintensität, welche während der verschiedenen Belichtungszeiten herrschte, hervorgebracht wurden. Aus dem Vergleich der auf den verschiedenen belichteten Streifen erhaltenen Schwärzungen mit den Farbtönen auf dem rotirenden Cylinder (Fig. 61) construirte Abney die Curven der Fig. 62, in welcher die Schwärzungen von vier belichteten Streifen durch deren Verhältniss von Weiss zu Schwarz graphisch dargestellt erscheinen.

Die Ordinaten bedeuten die Menge von Weiss, welche die Schwärzung an der betreffenden Stelle des Streifens enthält; die Abscissen, die Entfernung der verschiedenen untersuchten Stellen vom weissen Ende des Streifens. So z. B. liegt der Punkt p auf der Curve P, auf 0,32 der ganzen Länge des Streifens vom weissen Ende, und dessen Schwärzung besteht aus 0,48 Weiss und 0,52 Schwarz.

Der Streifen P wurde so lange belichtet, bis dessen dunkles Ende nahezu bronzefarbig war; ein Blick auf die Curve P zeigt, dass das Licht das Papier nicht bis zu

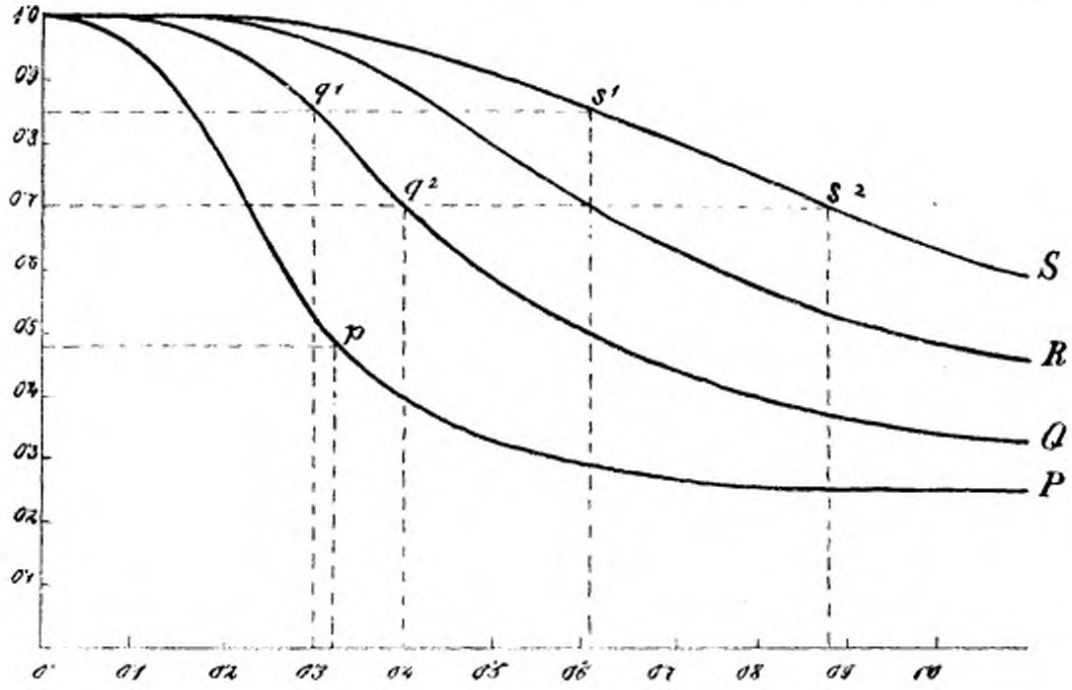


Fig. 62.

einer, dem vollständigsten Schwarz entsprechenden Tiefe schwärzen kann. Die Streifen Q, R und S wurden kürzer belichtet, um zu untersuchen, wie weit nun die entsprechenden Curven in ihrer Krümmung variiren. Aus der Fig. 62 lässt sich ersehen, dass innerhalb der Fehlergrenzen der Beobachtung und der Gleichmässigkeit des empfindlichen Papieres die Curven ziemlich genau übereinstimmen. Ein Beweis für diese Uebereinstimmung lässt sich erbringen, wenn man beispielsweise aus den Theilstrichen 0,4, 0,7 und 0,85 der ordinaten Achse horizontale Linien zieht, welche z. B. die Curven Q und S in den mit q und s bezeichneten Punkten schneiden. Sind die Curven untereinander vergleichbar, so muss die Abscisse der Punkte, in welche die Curven getroffen werden, einander proportional sein. Vergleicht man Q und S, so ist für die Curve Q die der Ordinate 0,85 entsprechende Abscisse nahezu 0,30 und die der Ordinate 0,7 entsprechende Abscisse 0,40; für die Curve S sind die correspondirenden Abscissen 0,61 und 0,78; letztere stehen daher zu einander nahezu in gleichem Verhältniss wie erstere. Aehnliches liesse sich für andere Ordinaten nachweisen, woraus sich ergibt, dass die durch in arithmetrischer Progression fortschreitenden Belichtungs-

zeiten sich ergebenden Curven ähnlich und von bestimmter Krümmung sind. Ein Studium dieser Curven zeigt ferner, dass, wie es schon Bunsen und Roscoë nachgewiesen, die Schwärzungen durchaus nicht im Verhältniss zur Dauer der Belichtung zunehmen, sondern dass bei langen und kurzen Expositionen das Dunkelwerden des Papieres langsamer erfolgt als bei mittleren Expositionen, indem im ersten Falle die Curven flacher, im zweiten Falle steiler sind,

V. Vorbelichtung, Nachbelichtung und Nebenbelichtung.

A) Im Negativ-Process.

Wird eine Daguerreotypplatte, nasse Collodion- oder trockene Gelatineplatte nach einer kurzen Exposition in der Camera durch einige Secunden über die ganze Fläche hin dem schwachen zerstreuten Lichte ausgesetzt, so macht sich ein günstiger Effect geltend. War die Belichtung in der Camera so kurz gewählt, dass sich beim Entwickeln kein ein unvollkommenes Bild gezeigt hätte, so wird durch die hinterherige allgemeine Belichtung die erste Wirkung des Lichtes gewissermassen fortgesetzt, so dass nunmehr ein wesentlich besseres oder vollkommeneres Bild entsteht.

Diese Wirkung beobachtete man schon vor 40 Jahren bei Daguerreotypplatten. Becquerel schrieb diese fortsetzende Wirkung besonders den rothen und gelben Strahlen zu und nannte dieselben deshalb fortsetzende Strahlen (rayons continuateurs), während er den grünen, blauen und violetten die Eigenschaft, die Einwirkung zu beginnen zuschrieb und sie deshalb erregende Strahlen (rayons excitateurs) nannte.[1]) Diese Ansicht wurde aber als unrichtig erkannt und Moser war einer der Ersten, welcher erkannte, dass alle Strahlen die Wirkung beginnen und vollenden können, ja später stellte es sich heraus, dass in der Praxis gerade die abgedämpften Strahlen vom violetten Ende des Spectrums sich als die wirksameren erweisen.

In der photographischen Praxis hat man wiederholt vorgeschlagen, eine Platte in der Camera kürzer zu exponiren, als unter gewöhnlichen Umständen nöthig ist und dann durch kurze Zeit dem zerstreuten Licht auszusetzen. Diesen Vorgang nennt man Nachbelichtung.

Einen ähnlichen Effect erzielt man, wenn man die Platte zuerst dem schwachen zerstreuten Lichte aussetzt und dann erst in der Camera exponirt (Vorbelichtung) oder wenn man auf die Platte während der

---

1) Wenn man nach Gaudin die Daguerreotypplatte beim Herausnehmen aus der Camera hinter ein rothes Glas bringt und dem Lichte aussetzt, wird die angefangene Wirkung durch die Strahlen fortgesetzt, bis das Jodsilber soweit zersetzt ist, dass ein Bild sichtbar wird, genau auf dieselbe Weise, als wenn man dasselbe mehrere Stunden in der Camera belichtet hätte (ohne Hervorrufen durch Quecksilber).

Exposition in der Camera zerstreutes Licht fallen lässt (Nebenbelichtung, Extrabelichtung).

In allen drei Fällen wird eine Abkürzung der Hauptexposition erzielt, freilich häufig auf Kosten der Qualität des Bildes; die Wege hierzu sind mannigfaltige und weiter unten beschrieben.

Schon Schultz-Sellack erklärt 1871 die „fortsetzende" Wirkung des Lichtes auf ein schwaches Bild nicht als eigenthümliche Erscheinung, sondern als eine Folge der nothwendigen Anfangswirkung, welche Erklärung die grösste Wahrscheinlichkeit für sich hat.

1. Nasses Collodionverfahren.

Die Wirkung der Vor- und Nachbelichtung auf photographische nasse Collodionplatten der Camera entdeckte Bazin 1870[1]). Er liess nämlich während der Exposition, oder vor oder nach derselben auf die sensible Platte rothes Licht einströmen. Dies bewirkte er durch vier Oeffnungen im vorderen Brett der Camera rings um das Objectiv, welche durch mit einer ammoniakalischen Carminlösung bestrichene Glasplatten geschlossen waren und hinter welchen sich noch ein mattes Glas befand. Beim Oeffnen und Schliessen des Objectivs wurde dasselbe zugleich bei den vier Oeffnungen bewirkt. Denselben Effect erreichte er dadurch, dass er die Platte vor oder nach der Belichtung einen Augenblick rothem Lichte aussetzte.

Carey Lea liess bei Landschaftsaufnahmen das rothe Licht nur dort wirken, wo der Himmel nicht auf die Platte kam. Es brachte deshalb an der Vorderseite der Camera oben einen rothen Streifen an (mit Carmin gefärbtes Papier), um bei Landschaften dunkles Laubwerk etc. (nicht aber den Himmel!) durch rothes Nebenlicht kräftiger und detailreicher zu bekommen. War das Laubwerk hell beleuchtet, so wendete er das rothe Licht gar nicht an[2]).

Newton brachte in der Vorderseite der Camera eine mit grünem Glas verschlossene Oeffnung (2 × 4 Zoll) an, so dass während der Exposition schwaches grünes Licht auf die Platte fiel. *Dadurch soll die Exposition von 20 Secunden auf 5 abgekürzt* worden sein[3]).

Newton hielt es für das Beste und Sicherste die Platte in der Camera zu belassen und dadurch nachzubelichten, dass er ein grünes, rothes, schwarzes oder graues Papier vor das Objectiv hielt und so Licht darauf reflectirte[4]).

Andere exponirten die nassen Platten $^1/_3$ bis $^1/_4$ von der gewöhnlichen Expositionszeit, setzten dann an die Stelle des Schiebers der Cassette ein gelbes Glas und belichteten unter diesem im diffusen Tageslicht noch circa 90 Secunden (Gaenslin).

Auch gefärbte Papiere wurden zu ähnlichem Zwecke angewendet (blaue, grüne, braune) und zwar unmittelbar nach der Expositionszeit und vor dem noch geöffneten Objectiv (Krüger[5]).

---

1) Phot. Archiv. 1871. S. 279. Phot. Mitth. Bd. 7, S. 214 und 241. Fortschr. Physik. 1870. S. 404.

2) Phot. Archiv. 1871, S. 6.

3) Bull. Soc. franç. 1873. S. 118.

4) Phot. Year-Book. 1874. S. 126.

5) Phot. Corresp, 1877. Bd. 10, S. 42.

Im Jahre 1877 tauchte die Nachbelichtung durch violettes Licht auf. Scotellari schnitt in dem Objectivdeckel ein Loch aus und verklebte es mit einem durch Anilinviolett gefärbten Seidenpapier. Diese Oeffnung liess sich durch eine drehbare Blechscheibe verdecken oder blosslegen. Er exponirte nun bei ganz offenem Objectiv kürzer als gewöhnlich, setzte dann den Deckel auf, schob die Blechscheibe weg und liess das violette Licht nachwirken. Man exponirte statt 15 Secunden jetzt nur 7—8 Secunden und belichtete durch 2 Secunden[1]) oder selbst 7 Secunden nach[2]).

Gillard empfahl diese farbigen Blenden nicht nur wegen der Abkürzung der Exposition, sondern wegen des hübschen Mezzotinto-Effectes. Er erzeugte seine Blenden aus Gelatinefolien, welche er violett oder dunkelgrün färbte[3]).

Sehr häufig wurde die Vor- oder Nachbelichtung bei weissem Lichte vorgenommen. Werge[4]) belichtete durch zwei Schichten weissen Papiers während 4 Secunden nach.

Haugk[5]) empfahl, etwas weniger als die Hälfte der gewöhnlichen Zeit zu exponiren, dann einige wenige Secunden (den fünften Theil der wirklichen Exposition) dadurch nachzubelichten, dass er eine mattgeschliffene Glastafel vor das Objectiv hielt und erst dann mit dem Deckel schloss.

Melchion belichtete bei Porträts mit nassen Collodionplatten zuerst 2 Secunden lang bei zerstreutem Licht, indem er ein mattes Glas vor das Objectiv brachte und dann normal 8 Secunden belichtete. Das Resultat war gleich einer Exposition von 15 Secunden ohne Vorbelichtung[6]).

Auch Foxlee trat sehr warm für die Nachbelichtung bei diffusem weissen Lichte ein[7]).

Man empfahl auch, den Deckel des Objectivs mit einem Loch zu versehen, welches durch feines Milchglas verschlossen war (etwa $^2/_3$ vom Linsendurchmesser). Die Vorbelichtung sollte $^1/_7$ der wirklichen Belichtung haben; dadurch erreicht man eine Abkürzung der wirklichen Exposition auf 14 Secunden statt 24 Secunden[8]).

Richard verschloss das Loch im Objectivdeckel mit dünnem weissen Papier. Die Nachbelichtung soll nach ihm nicht mehr als $^3/_5$ der Originalexposition übersteigen[9]).

Wyler zog vor, die Vor- oder Nachbelichtung bei Kerzenlicht in der Dunkelkammer vorzunehmen, wegen der leichteren Controle der Belichtung gegenüber dem Vorbelichten in der Camera. Er exponirte die nasse Platte 10 Secunden lang dem Kerzenlichte[10]). Chapmann setzte bei astronomischen Aufnahmen die Platte vor dem Entwickeln kurze Zeit dem Lampenlichte aus, was auch Worthley empfahl[11]).

---

1) Phot. Archiv. 1877. S. 181.
2) Phot. Archiv. 1878. S. 74.
3) Phot. Year-Book. 1878. S. 121.
4) Bull. Soc. franç. Phot. 1875. S. 317.
5) Phot. Corresp. 1873. Bd. 10, S. 42.
6) Phot. Archiv. 1874. S. 31.
7) Phot. Archiv. 1874. S. 204 aus Brit. Journ.
8) Phot. Archiv. 1874. S. 157.
9) Phot. Archiv. 1878. S. 26.
10) Bull. Soc. franç. 1875. S. 143.
11) Phot. Mitth. 1874. Bd. 11, S. 231.

Bei unterexponirten nassen Collodionplatten fand Prümm eine Nachbelichtung in der Weise am besten durchführbar, dass er auf die Platte das Licht der Laterne der Dunkelkammer durch gelbe Scheiben fallen liess[1]).

Bei der Vorbelichtung oder Nachbelichtung muss man sich sehr in Acht nehmen, dass man hierbei das Licht nicht zu lang einwirken lässt, sonst erhält man Schleier, während eine zu kurze Belichtung keine Wirkung äussert. So z. B. ruft eine Nachbelichtung von 10 bis 15 Secunden bei zerstreutem Tageslichte unter gelbem Glase schon Schleier hervor (nasse Collodionplatten) während ein rothes Kupferglas bei 5 bis 10 Secunden Nachbelichtung mit gutem Erfolg ermöglichte und eine Combination des rothen und gelben Glases zu wenig Licht durchliessen, als das irgend ein Effect (selbst bei langer Nachbelichtung) bemerkbar gewesen wäre[2]).

Die Vor- oder Nachbelichtung soll trotz der nicht ungünstigen Resultate immer nur in Ausnahmsfällen angewendet werden, etwa als Nothbehelf bei unterexponirten Platten, da fast immer Schleierbildung die Folge ist und länger exponirte Negative ohne Extrabelichtung vorzüglicher sind. Für die Praxis zog Quidde die Nachbelichtung der Vorbelichtung vor[3]).

Eine bedeutende Abdämpfung des Lichtes ist bei allen Modalitäten der Vor- oder Nachbelichtung nothwendig, damit man den Vorgang controliren kann. Deshalb darf man nur halbdurchscheinende Medien verwenden, wenn man mit violettem oder weissem Licht nachbelichtet. Durchsichtiger können grüne oder gelbe Scheiben sein, weil selbe Dank ihrer Farbe wenig wirksame Strahlen durchlassen. Es muss bemerkt werden, dass bei allen diesen Processen das blaue und violette Licht das wirksame ist, indem ja auch z. B. rothes Carminpapier etwas von diesen Strahlen durchlässt. Wirklich einfarbiges rothes oder gelbes Glas wäre so gut wie unwirksam.

An diesem Orte ist auch der 1850 und 1851 gemachte Vorschlag, weisse Cameras zum Photographiren zu verwenden, anzuführen. Die Idee dazu ging von Löscherer in München aus, welcher mit einer Camera arbeitete, die im Innern nicht geschwärzt, sondern weiss austapezirt war; er behauptete, die Lichtwirkung werde dadurch bedeutend unterstützt. Unmittelbar nach dem Bekanntwerden dieser Angabe gab Blanquard-Evrard[4]) an, er erhalte Bilder in kurzer Zeit, wenn das Innere der Camera obscura, ganz im Gegensatze zu der gebräuchlichen Weise, mit weissem Papier beklebt sei, was von Kilburn[5]) bestätigt, aber von Claudet[6]) geleugnet oder wenigstens auf solche Fälle beschränkt wurde, wo das äussere Licht nicht zur Herstellung eines kräftigen Bildes ausreicht. Trotzdem kam Blair zwanzig Jahre später nochmals darauf zurück[7]), gab aber die weisse Camera bald selbst wieder auf und griff zu der Vorbelichtung mit rothem Licht zurück.

Günther in Hannover brachte 1855 eine Modification an, indem er eine innen blaulila gefärbte Camera verwendete[8]).

---

1) Phot. Archiv. 1877. S. 241.

2) Gutzlaff, Phot. Archiv. 1872. S. 185.

3) Phot. Archiv. 1872. S. 57.

4) Comptes rendus. 1851. Bd. 31, S. 864. Dingler, Polytechn. Journ. Bd. 119, Seite 201.

5) Athenaeum. 1851. S. 170.

6) Ibid S. 141, 410.

7) Phot Archiv. 1870. S. 186.

8) Dingler, Polytechn. Journ. Bd. 135, S. 372.

Einige Photographen, z. B. Belloc, erzielten in der That mit solchen Apparaten eine Abkürzung der Exposition. Allein dennoch wurde in der dadurch angeregten Debatte, an der sich in Deutschland namentlich Horn[1]) betheiligte, hervorgehoben, dass die Abkürzung der Exposition auf Kosten der Schönheit des Bildes gehe, indem die Negative flau werden. In der That hat man die Menge und Intensität des fremden diffusen Lichtes in der Camera gar nicht unter Controle und wenn auch in einigen Fällen zufällig das richtige Mass der „Nebenbelichtung" getroffen ist, so wird in der weitaus grösseren Anzahl von Fällen das Richtige nicht getroffen sein. Dieses Hilfsmittel ist demnach ganz verwerflich; es ist viel schlechter, als die vorhin gegebenen Methoden der Vor- oder Nachbelichtung.

Carey Lea verwarf sowohl eine weisse als rothe Anstrichmasse im Innern der Camera. Speciell bei starkem Lichte (Landschaftsaufnahmen) würde das grelle Himmelslicht das ganze Bild verderben und Schleier und Flauheit mit sich bringen[2]).

De Constant, welcher 1870 die Sache nochmals prüfte, fand, dass eine ganz weisse Camera dem Bilde Flauheit, wenig Relief und ein verworrenes Aussehen gibt, als wenn man das Gesicht mit einem Wischer verarbeitet hätte. Liess er aber die obere oder untere Wandfläche der Camera schwarz und nur die Seitentheile weiss, so erzielte er Weichheit vereint mit Schärfe und Relief, besonders an der dem schwarzen Theile zugewendeten Seite. War der Boden der Camera schwarz, so gereichte dies der Klarheit des Gesichtes zum Vortheil; war hingegen die Decke der Camera dunkel, so wurden die Kleider klarer. Da nun gewöhnlich das Gesicht zu den Kleidern zu viel Licht hat, so erhielt er bessere Resultate, wenn die Decke und Seitentheile weiss und der Boden schwarz genommen wurde[3]).

Auch hieraus hat sich aus den oben angegebenen Gründen keine präcise, in der Praxis adoptirte Methode entwickelt.

2. Vor- und Nachbelichtung bei Bromsilbergelatineplatten.

Auch bei Bromsilbergelatineplatten mit Entwickelung lässt sich bei genügender Vorsicht ein Effect der Hilfsbelichtung nachweisen.

Es ist vielleicht nicht überflüssig zu bemerken, dass bei der bedeutenden Lichtempfindlichkeit der Bromsilbergelatine das richtige Ausmass der Nachbelichtung noch schwieriger zu treffen ist, als bei nassen Collodionplatten und Verschleierung noch schwerer, als bei letzteren zu vermeiden ist.

Bei extrarapiden Bromsilberplatten ist die Zeitdauer der Anfangswirkung so enorm kurz, dass schon sehr schwache Lichteindrücke ein entwickelungsfähiges Bild erzeugen und selbst ein kleines Mass der Vorbelichtung schon allgemeine Reduction (Verschleierung) bewirkt. Dagegen zeigt sich bei wenig empfindlichen, schleierlos arbeitenden Platten ein nachweisbarer Effect der Hilfsbelichtung[4]).

---

1) Horn, Phot. Journ. 1855. Bd. 3, S. 52.

2) Phot. Mitth. 1870. Bd. 7, S. 241, aus Philad. Photogr.

3) Phot. Archiv. 1870. S. 185.

4) Bei ganz kurzen Expositionen verklebte Prümm das Lichtloch des Momentverschlusses mit ganz feinem durchscheinenden Seidenpapiere, so dass nur ein schmaler Querstreifen frei bleibt. Der Querstreif bewirkt beim Vorbeifallen die Exposition und das durch das Papier scheinende Licht bewirkt eine, wenn auch kurze Nachbelichtung der Platte, welche nach Angabe Prümm's häufig sehr günstig gewirkt hat (Photogr. Mitth. 1880. Bd. 17, S. 187). — Nach Dr. Stolze kann auch das von der Rückseite der Bromsilbergelatineplatten reflectirte diffuse weisse Licht die Belichtungszeit ab-

Das Kerzenlicht kann nur in sehr grossem Abstande oder sehr geschwächt zu Hilfsbelichtung verwendet werden[1]). Besser wirkt nach Eder eine Kerzenflamme durch rothes Glas hindurch; z. B. gab eine unempfindliche Bromsilbergelatineplatte von 15 Grad Warnerke, welche in unmittelbarer Nähe einer rothen Lampe (Kerzenflamme) durch 2 bis 6 Minuten vorbelichtet war, 19 bis 20 Grad des Warnerke-Sensitometers, was einer ungefähr 3 maligen Steigerung der Lichtempfindlichkeit gleichkommt[2]).

E. Himly in Berlin liess einen „Hilfsbelichter", welcher zertreutes Licht in die photographische Camera einführt, patentiren (Deutsches Reichs-Patent No. 38 684 vom 6. Aug. 1886; vergl. ferner Eder's Jahrbuch f. Photogr. für 1889. S. 87).

Die Vorbelichtung ist bei der hohen Empfindlichkeit der Bromsilbergelatine theils überflüssig, theils gefährlich anzuwenden und deshalb von ihrer Verwendung in der Praxis abzurathen.

Bei Bromsilbergelatineplatten ist aller Wahrscheinlichkeit derselbe Effect, wie die Vor- oder Nachbelichtung, auch auf rein chemische Weise, ohne Mitwirkung des Lichtes zu erlangen. Man muss nämlich eine minimale Reduction des Bromsilbers einleiten. Dies geschieht durch das längere Erwärmen beim sog. Reifungsprocess; in der That führt die längere Fortsetzung der Digestion in der Wärme zur Verschleierung und andererseits ist es der hohen Empfindlichkeit von in der Wärme gereifter Gelatine-Emulsion sehr schädlich, wenn man sie mit Reagentien behandelt, welche reducirtes Bromsilber (Subbromid) in normales Bromid zurückführen (z. B. ein Gemisch von Salzsäure, Kaliumbichromat und Bromkalium etc.) — (Vergl. den III. Band dieses Werkes.)

B) Die Hilfsbelichtung im Positiv-Process.

Ein Stück gesilbertes Papier, welches im Copirrahmen 2 bis 3 Secunden dem Lichte exponirt wird, färbt sich kaum sichtbar. Unter einem gelben Glas aber weiter belichtet, wird der zuvor belichtete Theil im Lichte immer dunkler und dunkler, während ein nicht vorbelichteter Theil unter dem gelben Glas weiss bleibt (Vidal[3]).

Dieser Vorgang erklärt sich aus der Bildung von Silberchlorür (Photochlorid), welches für die gelben und rothen Strahlen viel empfindlicher ist, als das weisse Silberchlorid (s. Seite 176 u. 246).

De Silva wollte auch gesilbertes Albuminpapier durch kurzes Vorbelichten nicht nur empfindlicher machen, sondern auch bewirken, dass von harten Negativen mehr Details copiren[4]).

Liesegang fand, dass mitunter auch beim Pigmentpapier eine kurze Vorbelichtung (diffuses Licht) vortheilhaft sei, namentlich beim Copiren solcher Negative, in

---

kürzen; man kann z. B eine weiss hinterlegte Gelatineplatte kürzer exponiren, als eine schwarz hinterlegte oder mit rothem Aurincollodion hintergossene Platte (Phot. Wochenblatt. 1882. S. 218).

1) Burton experimentirte mit dem indirecten Lichte einer Kerze im Abstande eines langen Zimmers (Brit. Journ. of Phot. 1882. S. 330. Phot. Wochenbl. 1882. S. 219); ähnlich ging Debenham vor (Brit. Journ. 1882. S. 343. Phot. Wochenbl. 1882. S. 221).

2) Phot. Correspondenz (s. auch den III. Band dieses Werkes. 4. Aufl. S. 95).

3) Phot. Mitth. 1870. S. 51.

4) Bull. Soc. franç. 1878. S. 201, aus Anthony's Bull. Phot.

denen sehr helle Lichter vorkommen. Die Dauer der Lichtwirkung muss aber eine kurze sein, sonst würde leicht eine Verschleierung des Bildes möglich sein[1]).

Wenn man Chromatgelatine durch andere Mittel als Lichtwirkung in sehr geringem Grade unlöslich oder richtiger gesagt schwerer löslich macht, so lässt sich ebenfalls eine Steigerung der Empfindlichkeit constatiren. Schon 1878 stellte der Verfasser fest[2]), dass solche Chromatgelatine, welche in Folge des Einflusses gewisser Agentien in das erste Stadium der Unlöslichkeit (Schwerlöslichkeit) tritt, im Lichte viel rascher unlöslich wird, als ganz unveränderte. Deshalb ist chromirtes Pigmentpapier drei Tage nach der Präparation empfindlicher, als unmittelbar nach dem Trocknen; ähnliches erreicht man durch Zusatz von ein wenig Chromalaun. Auch umgekehrt kann man vorgehen; man kann ein chromirtes Pigmentpapier belichten, dann etwa 12 Stunden im Finstern liegen lassen und dann erst entwickeln. Dadurch gewinnt das Bild bedeutend an Kraft und Details — ein analoger Process der Nachbelichtung.

Vielleicht gehört auch die von Niepce 1854 publicirte Beobachtung hierher, dass Asphalt weit lichtempfindlicher wird, wenn man ihn fein pulverisirt, in dünnen Lagen mehrere Tage der Einwirkung des Sonnenlichtes aussetzt und dann erst zu heliographischem Firniss löst. Auch an fertigem Firnisse beobachtete er diese günstige Wirkung der Vorbelichtung; setzte er diesen 3 bis 4 Stunden der Luft und dem Lichte aus, so erzielte er die doppelte oder dreifache Empfindlichkeit gegen früher. Zuviel des Guten war auch hier schädlich, d. h. zu lange Vorbelichtung führte zur Verschleierung.

---

1) Phot. Archiv. 1875. S. 17.

2) Eder, Reaction der Chromsäure und Chromate auf Gelatine etc. S. 26.

SIEBENTES CAPITEL.

DIE PHOTOGRAPHIE IM ZUSAMMENHANG MIT METEOROLOGISCHEN UND KLIMATISCHEN VERHÄLTNISSEN.

Literatur:

Radau, Les radations chimiques du soleil. 1877. — Radau, La lumière et les climats. 1878. — Bunsen und Roscoë, Poggendorff's Annalen d. Physik u. Chemie. Bd. 108, S. 193; Bd. 117, S. 529. — Roscoë, Poggendorff's Annalen. Bd. 128. S. 296. — Roscoë und Baxendell, Poggendorff's Annalen. Bd. 128, S. 291; Bd. 151, S. 268. — Roscoë und Thorpe, Jahresber. f Chemie. 1870. S. 160 und 1871, S. 179. — Marchand, Etude sur la force chimique contenue dans la lumière du soleil. 1875. — Holetscheck, Photographische Correspondenz. 1877. S. 49 und 1878, S. 179. — Stelling, Zeitschrift für Meteorologie. 1879. S. 41 und 222. — Pernter, Zeitschrift für Meteorologie. 1879. S. 401. — Pizzighelli, Die Actinometrie (bei W. Knapp in Halle a. S.).

I. Verschiedener Gang der chemischen Intensität des Lichtes und der optischen Helligkeit.

Die chemische Wirkung des Lichtes ändert sich in den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten sehr bedeutend und eine genaue Kenntniss des Ganges des Actinismus des Lichtes ist für die Dauer der Exposition für den Photographen von höchstem Werthe.

Die chemische Intensität des Lichtes geht durchaus nicht mit der optischen Helligkeit desselben Hand in Hand, da ja für das menschliche Auge die gelben und rothen Strahlen die hellsten sind, dagegen für die photographische Platte die blauen und violetten (s. Seite 279).

Dies führt zu manchen scheinbaren Anomalien, wie z. B., dass eine grell beleuchtete, intensive Schlagschatten bildende, durch die sinkende Abendsonne erhellte Landschaft auf der Photographie fast keine Lichtcontraste bietet und dergleichen mehr.

Roscoë und Baxendell[1]) stellten schon 1866 fest, dass das Verhältniss der chemischen Intensitäten nicht mit dem der sichtbaren Licht-

1) Pogg. Ann. Bd. 128, S. 291. Jahrb. Chem. 1866. S. 81.

intensitäten übereinstimmt, indem die Atmosphäre eine 17,4 mal grössere Einwirkung auf die chemischen, als auf die sichtbaren Strahlen ausübt, wenn die Sonnenhitze 25 Grad 16′ beträgt, und eine 26,4 mal grössere bei der Sonnenhöhe 12 Grad 3′.

Es steht ausser allem Zweifel, dass dieser Satz Roscoë's und Baxendell's richtig ist, und der Meteorolog Stelling sagt, dass auch aus seinen Beobachtungen sehr deutlich ersichtlich sei, wie zur Bestimmung der chemischen Helligkeitsverhältnisse eines Ortes die Schätzung der Bewölkung und Form derselben nicht genügend sei, sondern nur photochemische Messungen deutliche Angaben liefern können. Dies geht aus einigen Beispielen, welche gelegentlich der Erörterung des Einflusses der Bewölkung weiter unten gegeben sind, deutlich hervor.

II. Abhängigkeit der Lichtintensität von der Sonnenhöhe bei ganz reinem Himmel.

Die chemische Lichtintensität ändert sich mit dem Sonnenstande oder genauer gesprochen mit der Sonnenhöhe; sie ändert sich also 1. mit der Tageszeit, 2. mit der Jahreszeit.

Der Zusammenhang, in welchem die chemische Wirkung des zerstreuten blauen Himmelslichtes und des directen Sonnenlichtes mit der Sonnenhöhe stehen, wurde zuerst von Bunsen und Roscoë mit ihrem Chlorknallgas-Photometer[1]), später mit dem Pendel-Photometer (Chlorsilberpapier) studirt (s. Capitel „Photometer").

Die Sonnenstrahlen erleiden bei ihrem Durchgange durch die Atmosphäre eine beträchtliche Schwächung; durch dieses den directen Sonnenstrahlen entzogene und nach allen Seiten hin zerstreute Licht erhält aber auch gleichzeitig die Atmosphäre eine Leuchtkraft, welche für unsere Erde nicht nur in optischer Hinsicht von hoher Wichtigkeit ist, sondern auch starke chemische Wirkungen äussert.

Die Schwächung, welche die optische Intensität des Sonnenlichtes bei dem Durchgange durch die Atmosphäre erleidet, ist ungefähr $^1/_4$. Setzt man die Intensität des Sonnenlichtes vor seinem Eintritte in die Atmosphäre = 1, so ist jene optische Lichtmenge, welche nach dem Durchgange durch die Atmosphäre bei senkrechter Durchstrahlung noch an der Erdoberfläche ankommt, nach

Bouguer	0,8123,
Lambert	0,589,
Seide	0,7942,
Trépied	0,88.

1) Pogg. Ann. Bd. 108, S. 193.

Clausius nahm die Zahl 0,75 an, welche dem Mittel aus den obigen Angaben ziemlich nahe kommt.

Bunsen bestimmte die Extinction der chemisch wirksamen Strahlen (violettes Ende des Spectrums); er fand, dass der zur Erdoberfläche anlangende Betrag des directen chemisch wirksamen Sonnenlichtes nur mehr 0,4349 der ursprünglichen Menge beträgt.

Die nach Clausius einerseits und nach Bunsen andererseits abgeleiteten Tabellen der Aenderung der Lichtintensität mit wechselnder Zenithdistanz der Sonne stimmen übrigens merkwürdig gut überein. (Holetschek.)

Noch vor Kurzem nahm man bei den Untersuchungen über die Absorption des Lichtes und der Wärme durch die Atmosphäre für alle Strahlen einen Absorptionscoëfficienten an. Dem amerikanischen Forscher Langley[1]) ist es aber gelungen, Klarheit in die Fragen über die Absorption der Sonnenstrahlen in der Atmosphäre zu bringen.

Aus seinen vielen interessanten Sätzen sei nur die für die Photographie wichtige Thatsache hervorgehoben, dass die verschiedenen Strahlengattungen in verschiedenem Masse durch die Atmosphäre hindurchgelassen werden, und zwar werden die violetten Strahlen am meisten absorbirt, die grünen, gelben, rothen immer weniger, die dunkeln Wärmestrahlen am wenigsten. In Procenten ausgedrückt, werden folgende Mengen der einzelnen Strahlengattungen durch die Atmosphäre hindurchgelassen:

	Ultraviolett,	Violett,	Blau,	Grünlichblau,	Gelb,	Roth,	Infraroth.
Proc.:	39	42	48	54	63	70	76

Es ist nun von grossem Interesse, zu sehen, wie die Lichtmengen mit Rücksicht auf ihre Absorption in der Atmosphäre im Laufe des Jahres über die verschiedenen Orte der Erde vertheilt sind, da ja die Sonnenhöhe im Laufe des Jahres für einen beliebigen Ort der Erde sich beständig ändert, je nachdem die Sonne nördlich oder südlich vom Aequator wandert. Es fragt sich mit anderen Worten, wie ist die von der Sonne gespendete Lichtmenge an einem beliebigen Orte der Erde im Laufe des Jahres und wie ist sie an einem beliebigen Tage des Jahres über die Erde vertheilt. Jedoch muss man hierbei nicht nur die Breitenkreise der betreffenden Orte an der Erdoberfläche berücksichtigen, sondern auch die Absorption der Lichtstrahlen durch die Atmosphäre und hierfür setzte Dr. Spitaler (a. a. O.) den Absorptionscoëfficienten 0,6.

---

1) S. P. Langley, Researches on solar heat and its absorption by the Earth's atmosphere. Professional papers of the Signal Service n. XV. Washington 1884. — Siehe Dr. Spitaler (Eder's Jahrbuch f. Photographie für 1888. 2. Jahrg. S. 377).

wie er etwa den Strahlen des mittleren Theiles des Spectrums entspricht, bei seinen unten auseinandergesetzten Berechnungen an.

Bunsen und Roscoë stellten zuerst ein Gesetz über die Abhängigkeit der chemischen Intensität mit der Sonnenhöhe auf, und zwar fanden sie, dass 1. die chemische Intensität des gesammten Tageslichtes einzig eine Function der Sonnenhöhe ist; 2. das Maximum mit der grössten Sonnenhöhe eintritt, das heisst am Mittage[1]); 3. dass die Curve zu beiden Seiten des Mittags symmetrisch ist, d. h. in gleichen Zeitabständen vom Mittage herrscht die gleiche chemische Intensität — in allen Fällen ganz reinen Himmel vorausgesetzt.

Marchand glaubte aus seinen Beobachtungen zu Fécamp in Frankreich mit dem Eisenchlorid-Oxalsäure-Photometer das Gesetz gefunden zu haben: „dass die chemische Wirkung, beginnend vom Sonnenaufgange, in einer geometrischen Progression wächst, von der jedes Glied, dividirt durch die correspondirende Sonnenhöhe, Zahlen liefert, welche für jeden Grad der Höhe um 0,00000729 Cubikcentimeter zunehmen; das erste Glied der Reihe für 1 Grad Sonnenhöhe ist aber 0,000923 Cubikcentimeter“ (bezogen auf sein Eisensalz-Photometer, s. u.).

Dies Gesetz lässt sich nach Pernter durch die Formel

$$\frac{H + S}{h} = 0{,}000923 + 0{,}00000729\ (h - 1\ \text{Grad})$$

ausdrücken[2]). Aber Pernter hält diese einfache Gleichung nicht für die richtige Deutung der Originalbeobachtungen Marchand's, sondern zieht den Schluss, dass: 1. das Maximum der Intensität sich zu Fécamp entschieden auf Nachmittag zwischen 12 und 1 Uhr verzögert; 2. die chemische Intensität nun weniger rasch als früher zuzunehmen beginnt; 3. in gleich weit von Mitttag abstehenden Zeiten die chemische Intensität Nachmittags entschieden grösser als Vormittags ist und zwar um so ausgeprägter, je näher die Stunden am Mittag liegen.

III. Die Vertheilung der chemischen Lichtwirkung.

Die Gesetze der Vertheilung der chemischen Lichtwirkungen haben Bunsen und Roscoë am genauesten studirt[3]).

---

1) Diese Angabe reicht für unsere Breitegrade aus; für Orte, welche eine grössere Mittagshöhe der Sonne aufweisen als 85 Grad nicht mehr.

2) H = Intensität des zerstreuten Tageslichtes, S = die der directen Sonnenstrahlen, h = Sonnenhöhe.

3) Poggendorff's Annalen. — Ferner ausführlich abgedruckt in Pizzighelli, „Die Actinometrie“. 1884 (bei Knapp in Halle a. S.); Separatabdruck aus der Photographischen Correspondenz.

Sie massen die chemische Wirkung der Sonnenstrahlen mit dem Chlorknallgas-Photometer und fanden:

1. Die auf den Erdkörper fallenden, noch nicht durch die Atmosphäre geschwächten Sonnenstrahlen üben eine Kraft von 35,3 Lichtmetern aus, d. h. sie verbinden auf einer Grundfläche, auf welcher sie senkrecht auffallen, in der Zeit einer Minute eine 35,3 m hohe Chlorknallgasschicht zu Salzsäure, wenn sie sich in einer unendlich grossen Knallgasatmosphäre bis zur völligen Extinction erschöpften.

2. Dass die Sonnenstrahlen, wenn sie die Atmosphäre bis zum Meeresniveau, wo ein mittlerer Druck von 0,76 m herrscht, in senkrechter Richtung durchstrahlt haben, nur noch eine Wirkung von 14,4 Lichtmetern ausüben, dass mithin $^2/_3$ ihrer chemischen Kraft durch Extinction und Zerstreuung in der Atmosphäre verloren gehen.

3. Dass Veränderungen in der Temperatur und in dem Feuchtigkeitszustande der Luft keinen sehr erheblichen Einfluss auf die Lichtzerstreuung der nebelfreien und wolkenlosen Atmosphäre ausüben, und dass mithin die chemischen Wirkungen bei entgegengesetztem, gleich weit vom Culminationspunkte der Sonne abstehenden Stundenwinkel ohne Gefahr eines merklichen Fehlers gleichgesetzt werden können.

4. Dass eine dünne Bewölkung das chemische Beleuchtungsvermögen der Atmosphäre bedeutend erhöhen kann, unter Umständen sogar um das Vierfache.

Dass dichtere Wolkenschichten, wie sie einem Regen oder Gewitter vorangehen, die chemische Wirkung des Himmelsgewölbes derart schwächen können, dass das Chlorknallgas-Photometer zu ihrer Nachweisung nicht mehr ausreicht.

5. Dass unter sonst gleichen Umständen die chemische Beleuchtung der Tiefländer und der Hochflächen sehr ungleich sein muss und dass diese Beleuchtung mit zunehmender Höhe über dem Meere in einem rascheren Verhältnisse wächst, als der gleichzeitigen Abnahme des atmosphärischen Druckes entspricht und dass die Ungleichheiten in der Beleuchtung um so stärker hervortreten, je niedriger die Sonne über dem Horizonte steht.

Bunsen und Roscoë gaben noch viele Tabellen und Curven der chemischen Lichtwirkung des zerstreuten directen Sonnenlichtes, deren Mittheilung hier zu viel Raum in Anspruch nehmen würde[1]).

IV. Chemische Intensität des Lichtes für Wien und Orte, welche dieselbe geographische Breite haben, zu verschiedenen Zeiten.

Nach den Formeln Bunsen und Roscoë's construirte Holetschek[2]) Curven für die chemische Intensität des Lichtes[3]) für Wien oder Orte, welche mit Wien ungefähr dieselbe geographische Breite haben (Fig. 63 und 64).

Die punktirten Linien von Fig. 63 zeigen den Gang der Intensitäten des blauen Himmelslichtes, die nicht punktirten, also continuirlich ausgezogenen Curven die des directen Sonnenlichtes. Auf der Horizontal-

1) Dieselben sind auch abgedruckt in Pizzighelli's citirtem Buche.

2) Photogr. Corresp. 1877. S. 53.

3) Bezogen auf ein horizontales Flächenelement.

linie sind die einzelnen Tagesstunden in gleichen Intervallen als Abscissen aufgetragen; die darauf senkrecht errichteten Ordinaten entsprechen der zur bezüglichen Tagesstunde hervorgebrachten chemischen Wirkung in Lichtgraden.

In Fig. 64 ist die Summenwirkung des blauen Himmelslichtes und des directen Sonnenlichtes gegeben.

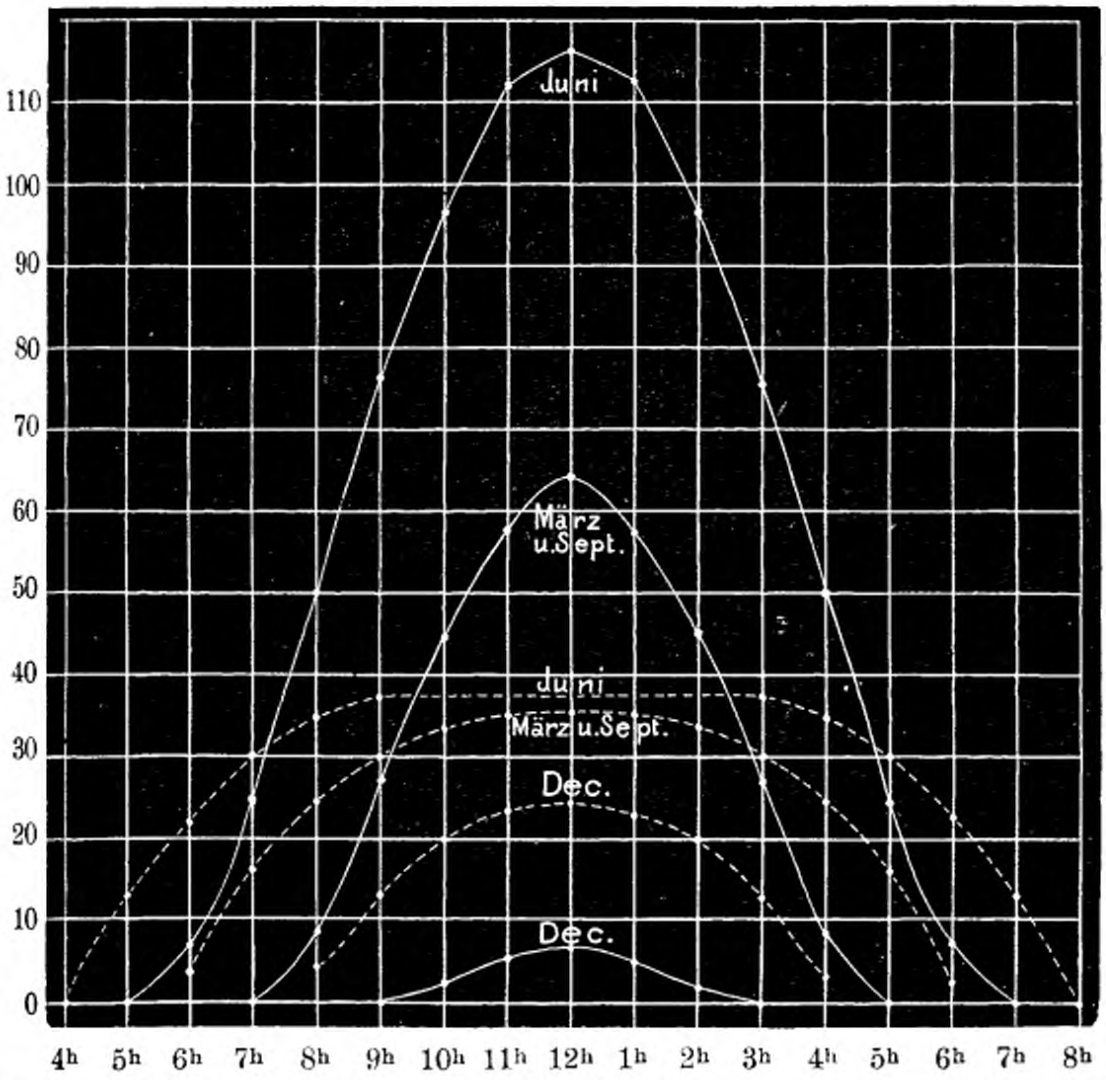


Fig. 63. Intensitätscurven des blauen Himmelslichtes (punktirt) und des Sonnenlichtes (nicht punktirt).

Dr. Holetschek rechnete ferner die chemischen Lichtintensitäten für die einzelnen Tagesstunden eines jeden Monats für Wien und alle Orte derselben geographischen Breite. Die Resultate stellte er in folgenden Tabellen zusammen.

A) Chemische Intensität des blauen Himmelslichtes.

Die Tabelle (S. 327) lehrt, dass die chemische Intensität des blauen Himmelslichtes mit der steigenden Sonnenhöhe allmählich zunimmt und zwar Anfangs rasch, später aber immer langsamer. Im Juni tritt sogar der überraschende Fall ein, dass die Intensität zu Mittag etwas kleiner ist als die Nachbarwerthe bei 11 Uhr Vor- und

1 Uhr Nachmittags; ebenso ist diese Mittags-Intensität für Juni kleiner, als für Mai und Juli. Die Intensität der atmosphärischen Lichtzerstreuung hat ihren grössten Werth (38,30 Lichtgrade) dann, wenn die Sonne 61,5 Grad über dem Horizont steht. Steigt die Sonne noch höher, so nimmt die chemische Wirkung des blauen Himmelslichtes nicht mehr zu, sondern im Gegentheil ab, wenn auch nicht beträchtlich, so

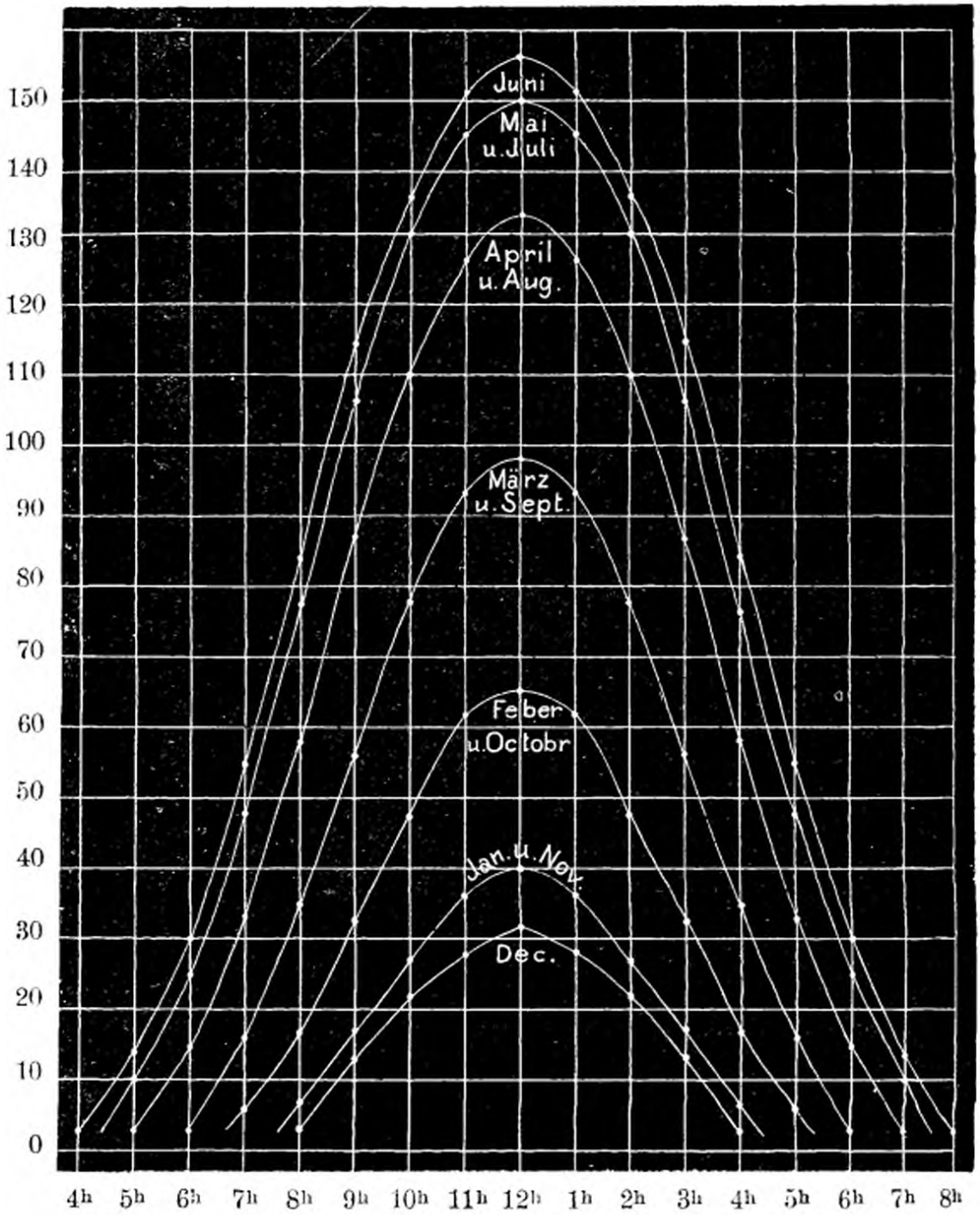


Fig. 64. Intensitätscurven der Summe des Himmels- und Sonnenlichtes.

dass für den Fall, wenn die Sonne im Zenith stünde (Tropen-Gegenden), also eine Höhe von 90 Grad hätte, die Intensität nur mehr 37,63 Lichtgrade betragen würde. Diese kleine Verminderung um 0,67 Lichtgrade hat zwar nur ein theoretisches Interesse und keine practische Bedeutung, musste aber hier dennoch besprochen werden, damit man nicht etwa in der Zahl beim 21. Juni (38,27) einen Fehler vermuthe. Ob aber

diese Abnahme in der Natur wirklich besteht, lasse ich dahingestellt; aus der Formel wenigstens folgt sie.

	Vormittag								
	12h	11h	10h	9h	8h	7h	6h	5h	4h
21. Januar	26,53	25,53	22,30	16,42	7,41	—	—	—	—
20. Februar	32,22	31,43	28,93	24,14	16,31	5,13	—	—	—
20. März	36,23	35,77	34,10	30,65	24,64	15,32	2,78	—	—
21. April	38,07	37,90	27,13	35,12	30,99	24,14	14,18	1,64	—
22. Mai	38,30	38,29	38,02	36,85	33,98	28,66	20,62	10,23	—
21. Juni	38,27	38,30	38,18	37,27	34,77	30,06	22,75	13,14	2,07
21. Juli	38,30	38,29	38,02	36,85	33,98	28,66	20,62	10,23	—
21. August	38,07	37,90	37,13	35,12	30,99	24,14	14,18	1,64	—
23. September	36,23	35,77	34,10	30,65	24,64	15,32	2,78	—	—
21. October	32,22	31,43	28,93	24,14	16,31	5,13	—	—	—
21. November	26,53	25,53	22,30	16,42	7,41	—	—	—	—
21. December	23,63	22,57	19,14	12,90	3,48	—	—	—	—
	12h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h
	Nachmittag								

B) Chemische Intensität des directen Sonnenlichtes.

Nachstehende Tabelle enthält die chemischen Wirkungen des Sonnenlichtes auf ein horizontal liegendes Flächenelement; da der Barometerstand fortwährend Schwankungen unterworfen ist, denen man in einer einfachen Tabelle nicht Rechnung tragen kann, so wurde der für Wien giltige mittlere Barometerstand genommen, nämlich 746 Millimeter.

	Vormittag							
	12h	11h	10h	9h	8h	7h	6h	5h
21. Januar	13,27	10,97	5,44	0,80	0,00	—	—	—
20. Februar	33,54	29,81	20,09	8,27	0,76	0,00	—	—
20. März	62,25	57,64	44,45	26,44	9,18	0,47	0,00	—
21. April	93,29	88,17	73,51	51,96	27,87	8,27	0,25	—
22. Mai	111,77	106,65	91,85	69,52	43,65	19,24	3,50	0,01
22. Juni	117,44	112,36	97,77	75,62	49,26	24,11	6,06	0,12
21. Juli	111,77	106,65	91,85	69,52	43,65	19,24	3,50	0,01
21. August	93,29	88,17	73,51	51,96	27,87	8,27	0,25	—
23. September	62,25	57,64	44,45	26,44	9,18	0,47	0,00	—
21. October	33,54	29,81	20,09	8,27	0,76	0,00	—	—
21. November	13,27	10,97	5,44	0,80	0,00	—	—	—
21. December	7,40	5,81	2,24	0,10	0,00	—	—	—
	12h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h
	Nachmittag							

Die chemische Intensität des Sonnenscheins nimmt wohl wesentlich zu, wenn man sich in bedeutende Höhen der Atmosphären erhebt, d. h. wenn der Luftdruck geringer

wird; diese Unterschiede sind aber doch nur gering im Vergleich zu den Verschiedenheiten, welche von der geographischen Breite abhängen. So z. B. wäre für die Meereshöhe von Heiligenblut, das einen mittleren Barometerstand von 650 mm hat, die Intensität der Sonne am Mittag des 21. Juni 132, 20. März 23, September 73 und am 21. December 10 Lichtgrade, während die Tabelle für Wien der Reihe nach die Werthe gibt: 117, 62 und 7, so dass die Intensität für Heiligenblut an diesen Tagen um 15, 11 und 3 Lichtgrade grösser ist, als für Wien.

Diese Intensitäten unterscheiden sich wesentlich von denen der vorhergehenden Tabelle. Im Sommer ist die chemische Wirkung der Sonne bedeutend kräftiger, als im Winter; zu Mittag am 21. Juni 16 mal grösser als am 21. Dec., während das blaue Himmelslicht im Juni kaum zweimal so stark wirkt, als im December. Ein auffallender Unterschied liegt auch darin, dass die chemische Wirkung des Sonnenlichtes in den Sommermonaten grösser, in den Wintermonaten dagegen kleiner ist, als die jedesmalige Intensität des blauen Himmelslichtes.

Da *das directe Sonnenlicht für die Vergrösserungsphotographie von Bedeutung* ist, so sieht man, wie ungünstig in diesem Falle die Wintermonate sind, da im December selbst zu Mittag die Intensität der Sonne (7) nur etwa so gross ist, wie im Juni um 6 Uhr Morgens oder Abends.

Es muss nochmals in Erinnerung gebracht werden, dass diese Verhältnisse ausser Wien nur für die Orte gelten, die mit Wien ungefähr dieselbe geographische Breite und ziemlich dieselbe absolute Meereshöhe haben. Ueberdies haben sie ihre volle Giltigkeit nur für ein horizontales Flächenelement; für ein verticales gestalten sich die Wirkungen bei allen Sonnenhöhen, die kleiner als 45 Grad sind, günstiger und dies findet während der ganzen Winterzeit statt und ausserdem in den Morgen- und Abendstunden der Sommermonate.

C) Gemeinschaftliche Wirkungen des Sonnen- und Himmelslichtes.

	Vormittag								
	12h	11h	10h	9h	8h	7h	6h	5h	4h
21. Januar. . .	39,80	36,50	27,74	17,22	7,41	—	—	—	—
20. Februar . .	65,76	61,24	49,02	32,41	17,07	5,13	—	—	—
20. März . . .	98,48	93,41	78,55	57,09	33,82	15,79	2,78	—	—
21. April . . .	131,36	126,07	110,64	87,08	58,86	32,41	14,43	1,64	—
22. Mai . . .	150,07	144,94	129,87	106,37	77,63	47,90	24,12	10,23	—
21. Juni . . .	155,70	150,66	135,94	112,89	84,03	54,17	28,81	13,26	2,07
21. Juli . . .	150,07	144,94	129,87	106,37	77,63	47,90	24,12	10,23	—
21. August . .	131,36	126,07	110,64	87,08	58,86	32,41	14,43	1,64	—
23. September .	98,48	93,41	78,55	57,09	33,82	15,79	2,78	—	—
21. October . .	65,76	61,24	49,02	32,41	17,07	5,13	—	—	—
21. November. .	39,80	36,50	27,74	17,22	7,41	—	—	—	—
21. December. .	31,03	28,38	21,38	13,00	3,48	—	—	—	—
	12h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h
	Nachmittag								

Diese Tabelle entsteht ganz einfach durch Addition der entsprechenden Zahlen in den zwei vorhergehenden Tabellen; sie gibt also die Summenwirkung des blauen

Himmelslichtes und des directen Sonnenlichtes auf ein horizontales Flächenelement, deren Kenntniss besonders für die Landschaftsphotographie erwünscht ist.

Es ist wohl leicht aus den Lichtintensitäten die Expositionszeit im Kopfe zu rechnen, da diese beiden Grössen im verkehrten Verhältnisse stehen, so dass man die Expositionszeit ohne Mühe aus einer der Tabellen, wenn man sie einmal für einen bestimmten Tag und eine bestimmte Stunde für sein Atelier aus der Erfahrung kennt, für jede andere Zeit bestimmen kann.

Schwier berechnete eine Lichtintensitäts-Tabelle für blaues Himmelslicht für Berlin und alle Orte gleicher geographischer Breite, welche aus Vogel's Lehrbuch der Photographie entnommen ist.

D) Tabelle der chemischen Lichtstärken für Berlin und aller Orte gleicher geographischer Breite.

	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h
21. Januar. . .	23,01	21,93	18,64	12,79	2,77	—	—	—	—
21. Februar . .	29,95	29,12	26,53	21,65	14,07	2,77	—	—	—
21. März . . .	34,95	34,40	32,62	28,99	23,00	14,30	2,77	—	—
21. April . . .	37,68	37,45	36,55	34,40	30,42	24,05	15,11	2,77	—
21. Mai. . . .	38,26	38,19	37,77	36,48	33,69	28,73	21,56	11,95	2,77
21. Juni . . .	38,35	38,28	38,02	37,01	34,59	30,24	23,71	14,65	5,94
21. Juli. . . .	38,26	39,19	37,77	36,48	33,69	28,73	21,56	11,95	2,77
21. August . .	37,64	37,41	36,48	34,29	30,24	23,80	14,76	2.77	—
21. September .	34,95	34,40	32,62	28,99	23,00	14,30	2,77	—	—
21. October . .	29,63	28,86	26,07	21,28	13,61	2,77	—	—	—
21. November. .	23,01	21,93	18,64	12,79	2,77	—	—	—	—
21. December. .	19,74	18,64	15,43	9,21	—	—	—	—	—

Ich will noch kurz erwähnen, dass die Tabellen für blaues Himmelslicht bei allen Belichtungen im Schatten Geltung haben (Aufnahmen im Atelier, Copiren im Schatten etc.), die für directes Sonnenlicht in jenen Fällen, wo die Sonnenstrahlen durch eine Linse gesammelt und dann photographisch benutzt werden (Vergrösserung in der Solar-Camera) und die Tabellen endlich für die Summenwirkung des Himmelslichtes und Sonnenlichtes dort, wo im Freien unter Mitwirkung des Sonnenlichtes gearbeitet wird, also auch das blaue Himmelslicht sich dazugesellt. Hierher gehören alle Belichtungen im Sonnenlicht im gewöhnlich gebrauchten Sinne des Wortes, z. B. Copiren an der Sonne etc.; auch die besonnten Stellen einer Landschaft sind dem combinirten Einfluss beider Lichtarten unterworfen, die im Schatten befindlichen nur dem des blauen Himmelslichtes.

Diese Tabellen geben das ideale chemische Wetter für Wien und Berlin, wie es bei einer nebel- und wolkenlosen Atmosphäre stattfindet. Eigentlich haben alle Zahlenangaben überdies nur dann ihre volle Giltigkeit, wenn das ganze Himmelsgewölbe zur Wirkung kommt, wenn also die photographischen Aufnahmen im Freien gemacht werden. Dessenungeachtet behalten sie aber für jedes Atelier ihre Richtigkeit, da ja in diesem Falle sämmtliche Zahlen proportional abnehmen; dies gilt ganz besonders für die Expositionszeiten, die ohnehin nur Relativzahlen sind. So lange man also in einem und demselben Atelier arbeitet, bleiben die wechselseitigen Verhältnisse der Zahlen unter einander genau dieselben.

Ganz regellos werden aber die chemischen Wirkungen der atmosphärischen Lichtzerstreuung, wenn die Bläue des Himmels durch Nebelschleier oder Wolken getrübt wird (s. u.).

E) Die Lichtvertheilung auf der Erdoberfläche.

D. Spitaler[1]) hat mit dem Absorptionscoëfficienten 0,6, wie er etwa den Strahlen des mittleren Theils des Spectrums entspricht (s. S. 322), für jeden 10. Breitenkreis der Erde und für je einen mittleren Monatstag des ganzen Jahres die Lichtmenge berechnet, welche von der Sonne der Erde im Laufe eines Tages zugestrahlt wird. Man erhält dadurch ein Bild über die Lichtvertheilung auf der Erde im Laufe des Jahres. Als Einheit dieser Zahlenwerthe wurde jene Lichtmenge gewählt, welche ein Punkt des Aequators während eines Tages zur Zeit des Frühlingsäquinoctiums bei der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne ohne Vorhandensein einer Licht und Wärme absorbirenden Atmosphäre erhält und diesen Betrag mit 1000 bezeichnet. Es sind somit die Zahlen nur Relativzahlen, die mit einem constanten Factor multiplicirt werden müssten, um sie in irgend welchen Lichteinheiten auszudrücken.

Der Einfachheit wegen ist die Tabelle nur für die nördliche Hemisphäre gegeben, da sie mit kleinen Veränderungen, die von der wechselnden Entfernung der Erde von der Sonne herrühren, und mit passender Aenderung der Jahreszeiten, Januar statt Juli u. s. w. auch für die südliche Hemisphäre gilt.

Geographische Breite	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Januar	408	332	250	161	80	22	1	—	—	—
Februar	437	385	315	232	146	68	15	0	—	—
März	451	433	391	329	251	166	84	23	0	—
April	433	451	445	414	361	288	203	113	31	24
Mai	396	442	465	464	438	388	315	212	195	203
Juni	373	430	467	481	469	432	367	280	313	324
Juli	384	432	465	471	452	408	340	222	250	259
August	418	446	451	431	388	323	242	150	69	72
September	444	438	408	356	286	204	119	45	5	0
October	441	399	338	261	176	94	30	2	0	—
November	415	348	266	178	96	32	2	0	—	—
December	397	319	231	142	64	14	0	—	—	—
Jahres-Mittel	416	405	374	327	267	203	146	87	72	74

Anmerkung: Wo in der Rubrik ein Strich ist, findet überhaupt gar keine Bestrahlung statt.

1) Eder's Jahrbuch f. Photographie für 1888. 2. Jahrg. S. 379.

Ein viel übersichtlicheres Bild der Lichtvertheilung auf der Erde erhält man, wenn man diese Zahlen durch Curven darstellt. In beistehender Zeichnung veranschaulicht das eine Curvensystem (Fig. 65) die Lichtvertheilung auf den einzelnen Breitenkreisen im Laufe des Jahres, das andere (Fig. 66) die Lichtvertheilung in den einzelnen Monaten über die nördliche Hemisphäre. Es wurden beim zweiten Curvensystem, um das Bild nicht unnöthigerweise zu überladen, nur die Linien vom Januar bis zum Juni eingezeichnet, indem die Linien der folgenden Monate einen ganz ähnlichen Verlauf nehmen.

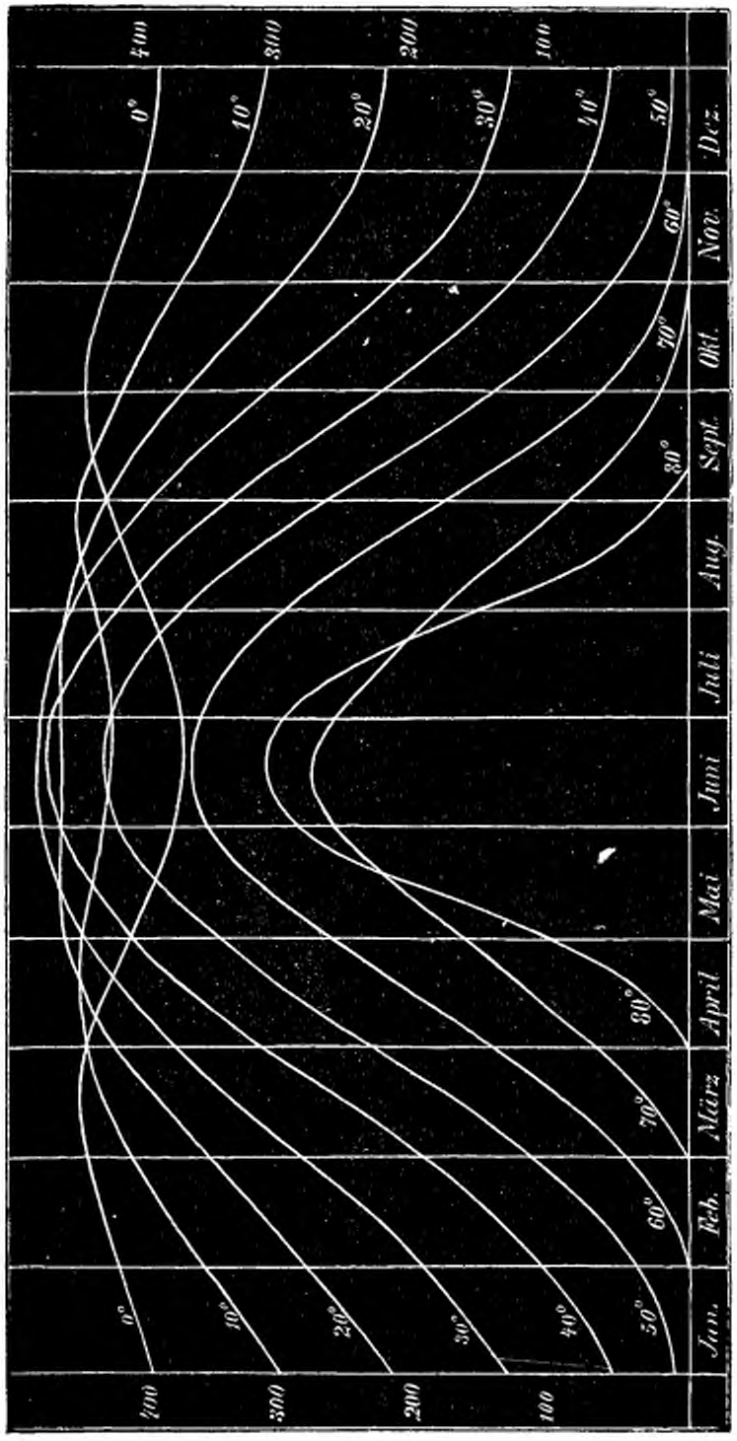


Fig. 65.

Dem Laufe der Sonne entsprechend, die bis zur Breite von ungefähr 23 Grad zweimal im Jahre den Zenith passirt, erkennt man in den Curven des Aequators und 10. Breitengrades zwei Maxima der Lichtwirkung, für den Aequator im März und September, für den 10. Breitengrad im April und August. Am 20. Breitengrad sind die beiden Maxima schon in ein einziges im Juni zusammengeflossen; es verläuft aber die Curve von Mai bis Juli sehr flach. Je weiter wir gegen höhere Breiten fortschreiten, desto steiler werden die Curven, zumal aber am am 70. und 80. Breitengrad, sowie am Pol selbst, indem eine Zeit lang die Sonne gar nicht über den Horizont heraufkommt.

Sobald aber die Sonne in diesen Gegenden über den Horizont heraufgerückt ist, dann geht sie auch den ganzen Tag nicht unter

sondern weilt während des ganzen arctischen Sommers über demselben.

Betrachten wir aber den Verlauf der Lichtcurven über die verschiedenen Breitenkreise in den einzelnen Monaten, so sieht man, dass das Maximum der täglichen Lichtwirkung vom Aequator, wo es vom September bis März geweilt hat, wenn wir die südliche Hemisphäre ausser Acht lassen, allmählich gegen Norden rückt und im Juni seinen höchsten Stand bei 30 Grad Breite erreicht, entsprechend der langen Tagesdauer um diese Zeit in dieser Breite. Am Pole und den benachbarten Breitenkreisen erkennt man einerseits am Fehlen der Curve den Polarwinter ohne Sonnenstrahlung, andererseits an der Abnormität der Curven die 24 stündige Lichtwirkung der Sonne im Sommer.

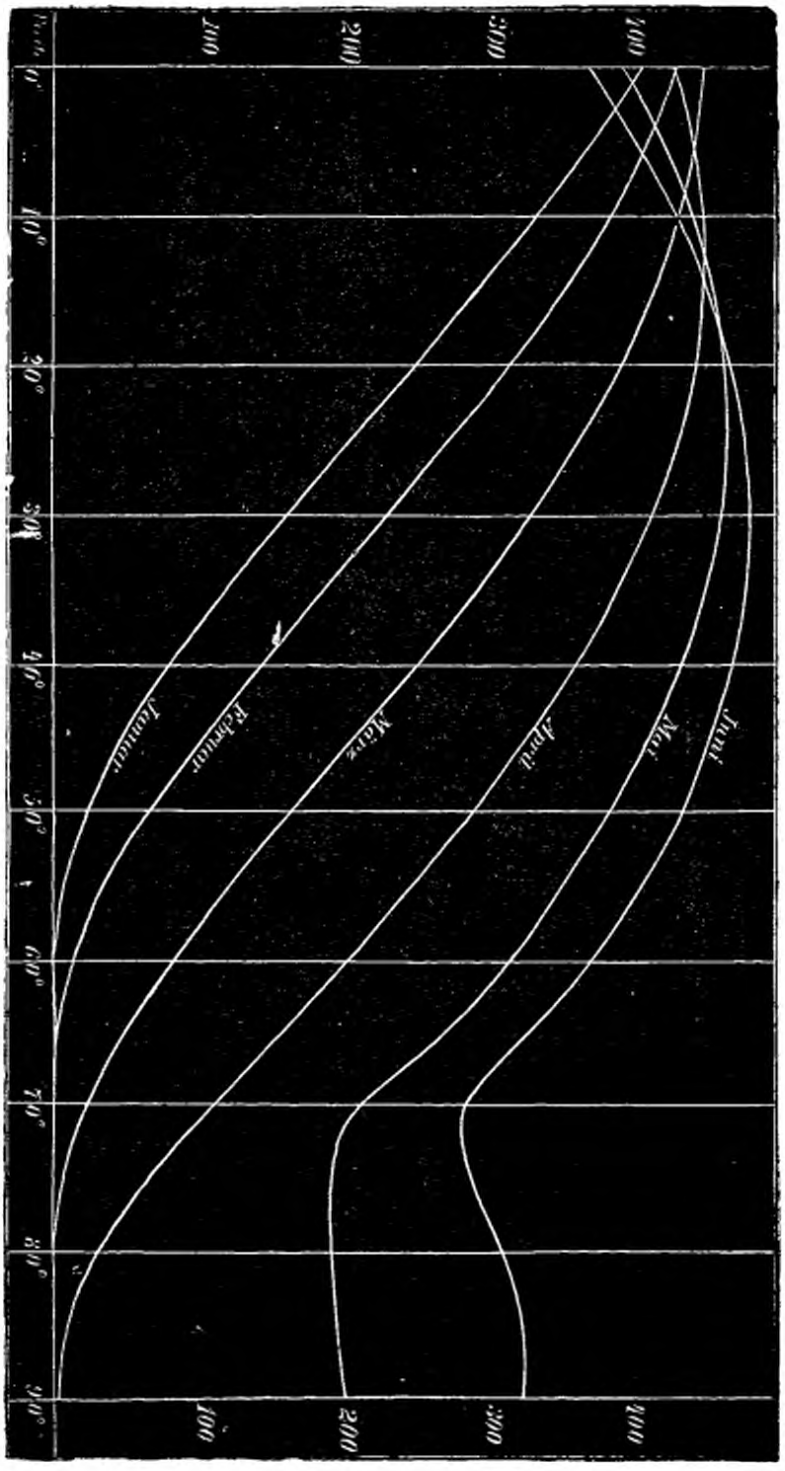


Fig. 66.

Es ist aber wohl zu beachten, dass diese Zahlen für die directe Sonnenstrahlung bei ganz heiterm Himmel gelten (u. u.).

Nach Bunsen und Roscoë's directen Messungen der chemischen Intensität des zerstreuten Tages- und des directen Sonnenlichtes wurden die Lichtintensitäten für verschiedene Breitengrade mit grosser Annäherung an die Wirklichkeit berechnet. Man erhielt für einen ganzen Tag zur Zeit des Frühlingsäquinoctiums folgende

Relativzahlen der gesammten chemischen Strahlung des Himmels und der Sonne:

Ort	Breite	Chemische Intensität der Sonne	d. Himmels	Total
Pol	90°	0	20	20
Melville-Insel . . .	75°	12	106	118
Reykiavig	64°	60	150	210
Petersburg	60°	89	164	253
Manchester	53°	145	182	327
Heidelberg	49°	182	191	373
Neapel	41°	266	206	472
Kairo	30°	364	217	581
Bombay	19°	438	223	661
Ceylon	10°	475	226	701
Borneo	0°	489	227	716

Vergleicht man diese Zahlen, welche dem „Handbuche der Klimatologie“ von Hann (1883) entnommen sind, so findet man mit D. Spitaler's Tabelle für den Monat März (Zeit des Frühlingsaequinoctiums) eine ganz gute Uebereinstimmung, so dass uns obige Tabelle thatsächlich ein Bild der direct von der Sonne herrührenden chemischen Lichtvertheilung auf der Erde gibt. Es würde sicherlich auch keine grosse Schwierigkeit machen, aus diesen Zahlen empirisch auch die Intensität des zerstreuten Lichtes abzuleiten, um durch Vereinigung der beiden Zahlen ein vollständiges Bild der gesammten chemischen Lichtvertheilung auf der Erdoberfläche zu erhalten.

Für die chemische Lichtwirkung an Orten von verschiedenen Breitegraden, für eine Stunde als Zeiteinheit und zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche gab auch Marchand folgende Tabelle:

Breite	Summe der chem. Wirkung	Breite	Summe der chem. Wirkung
0	43,836	50	20,390
10	41,522	60	14,770
20	37,178	70	9,458
30	31,826	80	4,544
40	26,170	90	0,071

Oft machen sich bedeutende Schwankungen der chemischen Intensität des Lichtes bei gleichen Sonnenhöhen in verschiedenen Orten geltend, wie dies namentlich aus den Untersuchungen Roscoë's hervorgeht. — Er fand z. B. für folgende Orte von gleicher Sonnenhöhe nachstehende chemische Intensitäten (auf Chlorsilberpapier) des zerstreuten Tageslichtes[1]).

1) Pogg. Ann. Bd. 128, S. 296.

Sonnenhöhe	Heidelberg	Cheetham Hill	Owens College
20 Grad	0,33	0,19	0,10
25 „	0,480	0,20	0,11
30 „	0,650	0,23	
35 „	0,820	0,26	
40 „	1,00		
50 „	1,37		
60 „	1,60		

Wortley stellte gelegentlich einer Reise folgende nach seinen photographischen Versuchen und Actinometerproben ermittelten, (wohl nur approximativ richtigen) relativen Zahlen über die chemische Kraft des Lichtes (auf Silberverbindungen) auf:

Zur See, 28 S. Stiller Ocean	1000
Zur See, 42 S. Atlantischer Ocean	970
Tahiti, früh Morgens	950
Zur See, 16. S.	950
Zur See, 21. N.	900
San Francisco	870
Höhe von Sierra Nevada	820
Virgina	800
Sydney	800
Melbourne	800
Niagara-Fall	780
England	750

Weiteres über Beleuchtungsverhältnisse und davon abhängige Dauer der Exposition s. Capitel „Exposition".

V. Verhältniss der chemischen Intensität des directen Sonnenlichtes zu der des zerstreuten Himmelslichtes.

Aus der oben gegebenen Holetschek'schen Tabelle ist ersichtlich, dass die Intensität des Sonnenlichtes (richtig gesagt, die Summe des directen Sonnen- und blauen Himmelslichtes) um die Mittagsstunde um das Zweifache (Winter) bis Vierfache (Sommer) grösser als die des zerstreuten Tageslichtes ist, dass gegen Morgen und Abend im Sommer das Sonnenlicht immer noch ungefähr doppelt so stark wirkt, dagegen im Winter zwischen diesem und dem diffusen Lichte nur ein sehr geringer Unterschied besteht.

Diese Zahlen stimmen mit den Angaben der practischen Photographen überein. In der Regel rechnet man für das Copiren im Schatten drei bis viermal so viel Zeit als im Sonnenlicht. Landschafter exponiren eine direct vom Sonnenlicht beleuchtete Landschaft ungefähr halb so lang, als bei zerstreutem Licht.

Absolut genaue Zahlen über das Verhältniss zur chemischen Intensität des directen Sonnenlichtes zu der des zerstreuten lassen sich nicht geben. Nach Roscoë und Baxendell[1]) ist dieses Verhältniss für eine

1) Pogg. Ann. Bd. 128, S. 291.

bestimmte Sonnenhöhe an verschiedenen Orten kein constantes, sondern es wechselt mit der Durchsichtigkeit und andern Zuständen der Atmosphäre.

VI. Die Schwankungen der chemischen Lichtintensitäten bei scheinbar klarem Himmel im Laufe eines Tages und Absorption der actinischen Strahlen in der Atmosphäre.

Die im Vorhergehenden behandelten Gesetzmässigkeiten treten nur bei einer ideal klaren Witterung ein, welche nur äusserst selten vorkommt.

Oft machen sich eigenthümliche Schwankungen in der photographischen Wirkung des Lichtes im Laufe eines ganz wolkenlosen Tages geltend, wo man sie nicht erwarten sollte.

Schon Daguerre hat gefunden, dass ein photographisches Bild bei gleicher Sonnenhöhe Vormittags sich schneller bildet als Nachmittags, also um 11 Uhr schneller als um 1 Uhr[1]).

Diese Angabe wurde durch die photographische Erfahrung während 20 Jahren bestätigt, ohne dass die Ursache der Erscheinung näher bekannt war.

Crookes fand 1856, dass zu allen Jahreszeiten das Spectrum vom Mittag Strahlen von höherer Brechbarkeit enthält, als die Spectra von anderen Stunden des Tages und dass zur Zeit des Sommersolstitiums dieses in einem höheren Grade stattfindet, als in den anderen Jahreszeiten[2]).

Nach Cornu ist das Sonnenspectrum bei gleicher Sonnenhöhe im Winter ausgedehnter, als im Sommer, in Folge des geringeren Wassergehaltes der Atmosphäre[3]).

Roscoë entging diese Unregelmässigkeit nicht und er versuchte das Gesetz des Verlaufes der chemischen Intensität während eines normalen wolkenlosen Tages durch die Gleichung:

$$J_h = J_0 + ah$$

auszudrücken, worin J_h die normale Intensität bei der Sonnenhöhe h, J_0 und a zwei Constante bedeuten. Diese Constanten sind aber an jedem Beobachtungsort andere[4]).

Nach Pernter aber lässt sich aus den Beobachtungen Roscoë's und Thorpe's eine Störung dieses regelmässigen Ganges finden und es

---

1) I. Capitel, S. 135.

2) Pogg. Ann. Bd. 97, S. 616. Lumière. 1856. S. 21.

3) Beibl. z. d. Ann. Phys. Chem. 1878. S. 339.

4) Z. B.: schwankt J_0 von $-0{,}0199$ (Catania) bis $+0{,}056$ (Parà) und a von 0,0033 (Manchester) bis 0,01229 (Parà). Nach Pernter scheint die Constante a mit der Annäherung an den Aequator zu wachsen.

fand in Lissabon (1865) um 2 Uhr herum an wolkenlosen Tagen regelmässig eine bedeutende Herabdrückung der chemischen Intensität statt, in Catania dagegen (Winter 1870) fiel das Maximum auf 11 Uhr und Mittags. Nachmittags trat eine erhebliche Verminderung der Intensität ein, so dass die Zeiten gleicher Sonnenhöhe Vormittags eine grössere Intensität aufwiesen als Nachmittags.

Janssen fand die Ursache der Abnahme der chemischen Wirkung der Sonne im Lauf des Nachmittags in der Zunahme des Wasserdampfes, der bei höherem Stande der Sonne die Atmosphäre erfüllt und alsdann schwächend, weil absorbirend, auf die chemische Kraft der Sonnenstrahlen wirkt. Insbesondere wird das Ultraviolett stark geschwächt.

Im Allgemeinen ist die Menge des Wasserdampfes in der Atmosphäre kurz nach Mittag am grössten. Da nun von da ab die Sonne selbst sinkt, so sind es zwei Ursachen — nämlich die Menge des Wasserdampfes und der tiefere Stand der Sonne, welche des Nachmittags eine entschiedene Abnahme der photographischen Kraft der Sonne herbeiführen, während am Morgen, da während der Nacht die Dämpfe meistentheils niedergeschlagen sind und die Sonne erst einen relativ kleinen Theil wieder verdampft hat, die photographische Kraft der Sonne nothwendig grösser sein muss[1]).

Die Lichtabsorption der Luft ist wesentlich und wird nach Wild (1868[2]) besonders durch folgende Umstände beeinflusst:

Suspendirter Staub vermindert die Durchsichtigkeit der Luft in einem sehr hohen, die übrigen Umstände durchweg überwiegenden Grade. Ferner verringert auch die Bewegung der Luft, insofern dadurch Schichten von verschiedener Dichtigkeit gebildet werden, oder Staub aufgewirbelt wird, beträchtlich ihre Durchsichtigkeit. Möglichst staubfreie Luft übt eine stärkere Absorption auf das Licht aus, wenn sie mit Wasserdampf nahezu gesättigt ist, als wenn sie trocken ist.

Nach Lecher bewirkt auch die Kohlensäure der Luft eine starke atmosphärische Absorption der Sonnenstrahlen[3]).

Nach Roscoë und Thorpe (1870) ist auch die Temperatur der Luft von Einfluss und zwar ist bei gleicher Sonnenhöhe die chemische Intensität des Lichtes um so grösser, je höher die mittlere Temperatur der Luft ist.

H. W. Vogel beobachtete die Wirkung des directen Sonnenspectrums auf Bromsilberplatten (Collodion) zu verschiedenen Tageszeiten. Er constatirte, dass an jedem Tag bei constantem Wetter die chemische Einwirkung mit der Sonnenhöhe stieg, dass

1) Phot. Arch. 1870. 160. Naturforscher III, 1.
2) Pogg. Ann. Bd. 134, S. 568.
3) Wiener Akad. Berichte. 1880.

aber selbst ganz zarte Dunstschleier äquivalent mit einer Höhendifferenz von 10 Grad sein können. Um 7 Uhr früh zeigte sich gewöhnlich eine Wirkung im Indigo und Blau, am kräftigsten bei G, nach F und H hin abnehmend, in der Regel vor diesen Linien verschwindend Daneben zeigte sich stets eine sehr merkliche Gelbwirkung, am kräftigsten in D, in Orange rasch, nach E langsam abnehmend. Mit vorrückender Tagesstunde wuchs die Intensität im Indigo beträchtlich, weniger im Grün und Gelb, zugleich traten die ultravioletten Strahlen auf. Um Mittag erreichte die chemische Wirkung an allen Stellen die höchste Intensität und nahm Nachmittags in der Regel symmetrisch ab, nur Abends 5 Uhr war meist ein positiver oder negativer Unterschied gegen früh 7 Uhr zu bemerken. An einem Tage zeigte sich eine ganz besonders starke Wirkung in Gelb und geringe in Blau und Violett. Abhängigkeit von Barometer und Psychrometer liess sich nicht nachweisen Das Wasser in flüssiger zertheilter Form übt den grössten Einfluss auf die Durchsichtigkeit der Luft aus[1]).

Da die Absorption der ultravioletten Strahlen in der Atmosphäre so bedeutend ist, so hoffte Cornu[2]) dadurch, dass er sich zu bedeutenden Höhen erhob, die ultraviolette Grenze des Sonnenspectrums in merklicher Weise hinauszuschieben. Er fand aber bei seinen Versuchen, dass die ultraviolette Grenze des Spectrums sich selbst bei Höhendifferenzen von 1910 m nur in geringem Grade erweitert.

Prof. O. Simony (Wien) photographirte mit einem Schumann'schen Quarz-Spectrograph das Sonnenspectrum von dem 3700 m hohen Pic de Teyde auf Teneriffa (Canarische Inseln) und fand eine beträchtliche Anzahl neuer Linien im Ultraviolett, indem sich das ultraviolette Spectrum bei dieser Höhe und völlig klarer relativ trockener Luft viel weiter gegen das stärker brechbare Ende ausdehnte, als bei Prof. Cornu's Spectrumphotographen (Eder's Jahrbuch für Phot. für 1890. S. 282; Wiener Akademie-Anzeiger 1889).

Der Gang der chemischen Intensität während des wolkenlosen Tages ist nicht nur von der Sonnenhöhe abhängig, sondern auch von der Feuchtigkeit, dem Barometerstande und allem dem, was die Opalescenz der Atmosphäre beeinflusst.

An den verschiedenen Orten und zu verschiedenen Jahreszeiten scheint es fast zweifellos der Wechsel des Feuchtigkeitszustandes der Luftschichten zu sein, welcher die Intensitäts-Maxima verschiebt und die Intensität erniedrigt und auch wohl zu bestimmten Stunden eine besonders hervortretende Herabdrückung derselben bewirkt.

Da bei der Aenderung der chemischen Intensitäten des Lichtes an normalen wolkenlosen Tagen sich Differenzen in der Regelmässigkeit wahrnehmen lassen, so müssen selbe vom Wassergehalt, Feuchtigkeits-

1) Pogg. Ann 1875. 156. 319. Jahresber. Chem. 1875. 146.

2) Comptes rendus. Bd. 88, S. 1285; Bd. 59, S 808. Naturforscher. 1880. Bd. 13, S. 21 u. S. 233.

zustande der Luftschicht, dem dadurch bedingten variablen Zerstreuungsvermögen für Licht etc. sich ergeben.

Da, wo trockene Nordost-Winde vorherrschen und die hohe Temperatur der Verdichtung des Wasserdampfes gerade entgegenwirkt, werden grössere Intensitäten sich ergeben. In den nördlicheren, von feuchten Südwest- und Westwinden beherrschten Regionen, wo übrigens die Temperatur auch niedriger ist, wird das Gegentheil eintreten.

VII. Einfluss der Bewölkung auf die chemische Intensität des Tageslichtes.

Welchen Einfluss hat die Bewölkung auf die chemische Intensität des Tageslichtes?

Diese Frage ist nicht leicht zu beantworten, da ja der gleiche Grad der Bewölkung einen sehr verschiedenartigen Einfluss ausüben kann, je nach der Dicke und Dichte der Wolkenschichten, der Färbung, der Form und besonders der Lage der Wolken gegen die Sonne.

Roscoë wies schon 1863 und 1864 nach, dass Nebel und Wolken, die chemische Wirkung des Sonnenlichtes weit bedeutender schwächen, als man es nach unseren menschlichen Lichtempfindungen glauben sollte; schon ganz zarte Nebel üben eine mächtige absorbirende Wirkung auf die chemischen Strahlen aus, wenn das Auge noch keine reine Lichtverminderung bemerkte. So z. B. betrug am 18. März die Intensität nur $^1/_{25}$ von derjenigen, welche sonst zu dieser Zeit bei heiterem Himmel stattfand; die Ursache war ein kaum bemerklicher dünner Nebelschleier vor der Sonne. Weniger auffallend war die Wirkung eines Nebelschleiers vom 28. September 1864, wo die Intensität so geschwächt wurde, dass sie $^1/_4$ der normalen betrug. Als der Nebel im Verschwinden war und die Sonne durchblickte, stieg die Intensität zwar etwas, erreichte aber nur den dritten Theil der normalen [1]). Nach Roscoë sind Fälle genug bekannt, in welchen binnen 15 Minuten die Intensität ums Doppelte stieg oder sank.

Es kann aber auch mitunter ein theilweise bewölkter Himmel intensiver wirken, als ein rein blauer. Bunsen fand einmal, dass ein leichter Wolkenschleier das Beleuchtungsvermögen des zur Beobachtung verwendeten Himmelsstückes um mehr als das Vierfache erhöhen kann [2]).

So beherrschen die Wolken als mächtige Schirme oder Reflectoren die Zufuhr des Lichtes.

Oft ist bei einem feinen Siebregen das zerstreute Tageslicht so hell, dass in einer Landschaft Licht- und Schattenseiten deutlich hervortreten;

1) Phot. Corresp. 1877. S. 64.

2) Pogg. Ann. Bd. 108, S. 237.

gewöhnlich aber ist die Reflexbeleuchtung auf der Schattenseite so hell, wie die Beleuchtung der sonst richtigen Lichtseite (Krone[1]).

Im Allgemeinen rechnet man für photographische Aufnahmen bei trübem Wetter ungefähr die dreifache Exposition, als im zerstreuten Licht bei klarem Himmel.

Stelling rückte der Lösung der Frage über den Einfluss der Bewölkung auf die chemische Intensität der Wirkung näher (1878), indem er sich die Aufgabe in drei Theile theilte: 1. Einfluss der theilweisen Bewölkung bei hellem Sonnenschein; 2. Einfluss der theilweisen Bewölkung, Sonne hinter den Wolken verborgen; 3. Einfluss des vollkommen bedeckten, eintönig grauen Himmels.

Es ergab sich das merkwürdige Resultat, dass eine theilweise Bewölkung wenig Einfluss auf die Gesammtintensität des Lichtes übte, wenn die Sonne selbst frei schien; der Einfluss machte sich bald als eine kleine Intensitätsvermehrung, bald als eine kleine Verminderung bemerkbar.

Die Bedeckung der Sonne und theilweise Bewölkung des Himmels bringt immer eine Erniedrigung der Intensität und zwar von 14 bis 40 Proc., im Mittel von 30 Proc. mit sich. Je höher die Sonne steht, desto tiefer ist die Erniedrigung der Intensität.

Durch einen vollkommen bedeckten, eintönig grauen Himmel wird die Intensität um mehr als die Hälfte, ja sogar um 75 Proc. geschwächt. Im Allgemeinen sinkt die Intensität am meisten, wenn sich zu eintönig grauer Bewölkung noch Nebel oder Niederschläge gesellen (Verlust bis 89 Proc.).

Aehnliche Angaben machte Marchand[2]).

Eigenthümlich ist es, dass die Maxima der Lichtintensität nicht immer mit den klarsten Tagen zusammenfallen, was man erwarten möchte (Stelling).

VIII. Schwankungen der chemischen Lichtintensitäten im Laufe des Jahres.

Selbstverständlich sind die chemischen Lichtintensitäten zu verschiedenen Jahreszeiten zunächst von der Sonnenhöhe abhängig (s. S. 321).

Ebenso wie während eines Tages selbst bei scheinbar klarem Himmel die Intensität der chemischen Strahlen unregelmässig steigt und fällt, so machen sich im monatlichen Gang der Intensität während des Jahres Abnormitäten geltend, welche um so grösser scheinen, als hierbei der

1) Phot. Corresp. 1872. S. 170.

2) Vergl. Pizzighelli „Actinometrie“ (S. 131).

Einfluss der Bewölkung den Einfluss aufspart. Dies gilt namentlich für die Beobachtungen Marchand's, weil er bei seiner Methode (s. u.) die Summe der täglichen Lichtwirkung erhielt, ohne Rücksicht auf die Klarheit oder Trübe des Himmels.

Die chemische Intensität schwankt nach Roscoë im Laufe des Jahres sogar um das 153fache; es ist das eine so enorme Schwankung, wie wir sie bei der Temperatur nicht im entferntesten vorfinden.

Die Lichtintensität zu Fécamp für die einzelnen Monate des Jahres nimmt nach Marchand's 11jährigen Beobachtungen folgenden Verlauf:

	Mittel		Mittel
Januar	1,84	Juli	21,49
Februar	3,98	August	18,93
März	6,44	September	13,60
April	14,09	October	6,90
Mai	18,11	November	2,90
Juni	21,04	December	1,74

Aus Marchand's Beobachtungen geht hervor, dass die Intensität zu Fécamp nach dem Sommersolstitium bedeutend höher ist, als vor demselben in gleichen Distanzen von der letzten Dekade des Juni und dass das Maximum in den Monat Juli fällt und der August eine höhere Intensität aufweist als der Mai. Das Minimum fällt auf den Januar.

In Kew ist der monatliche Gang der chemischen Intensität (1865 bis 1867) im Mittel folgender[1]):

Januar	14,5	Juli	110,6
Februar	23,0	August	91,7
März	32,5	September	88,5
April	75,1	October	26,9
Mai	98,8	November	16,7
Juni	87,3	December	10,0

Auch hier fällt das Maximum auf den Juli und August und September behaupten das Uebergewicht gegen Mai und April.

Als Monatsmittel der chemischen Intensität des Lichtes in Petersburg für 1 Uhr Nachmittags (1874—1875) gibt Stelling folgende Tabelle, in welcher eine andere Einheit, als in jeder der beiden vorigen angenommen ist:

Januar	0,027	Juli	0,227
Februar	0,064	August	— —
März	0,120	September	— —
April	0,163	October	— —
Mai	0,277	November	0,035
Juni	0,292	December	0,017

1) Mit dem Pendelphotometer und auf eine andere Einheit bezogen als die vorige.

IX. Abnorme Fälle von Unschärfe durch wallende Bewegung der Atmosphäre. — Photographie einer Luftspiegelung.

Die erhitzte Luft verursacht durch ihre wallende Bewegung häufig ganz unscharfe Bilder — eine dem Astronomen wohlbekannte Erscheinung.

Man hat beobachtet, dass z. B. ein Getreidefeld zur Mittagszeit im Hochsommer durch die lebhafte Bewegung der durch die Sonne erhitzten Luft Erscheinungen der Unschärfe im Bilde veranlasste[1]). Aehnliches verursacht auch die von einem brennenden Feuer aufsteigende Luft.

Ein eigenthümlicher Fall von Unschärfe im Negativ, welche durch warme Luftströmungen bewirkt wird, ist bei einer Aufnahme im Innern eines der Schiffe des Cölner Domes beobachtet worden. Das Bild war überall ganz scharf, ausgenommen an einer gewissen weissen Stelle, die sich zufälliger Weise in der Mitte des Schiffes befand: daselbst waren alle einzelnen Gegenstände unscharf. Der Grund lag darin, dass eines der grossen gemalten Fenster während der Exposition geöffnet war und durch dasselbe die Sonne eintrat: dadurch gerieth die Luft im Innern des kühlen Domes in Bewegung und veranlasste diese Erscheinung[2]).

Eine ähnliche Unschärfe des Bildes zeigte sich in einer Landschaft, und es fand sich später, dass an der betreffenden Stelle kurz vor der Aufnahme heisse Schlacken aus einem Hochofen hingeworfen waren[3]).

Man hat auch absichtlich durch künstliche Mittel die Atmosphäre von einem aufzunehmenden Porträt in zitternde Bewegung gebracht, in der Absicht, weiche Porträts, welche man dann Vibrotypen nannte, herzustellen. Kurtz erzielte diesen Effect, indem er 8—10 Bunsen'sche Gasbrenner vor und unter die Linse stellte und das Porträt durch eine Schicht heisser Luft aufnahm; dadurch vibrirten die Linien, ohne die Conturen zu ändern[4]). Hartmann brachte die Luftvibration durch eine vor das Objectiv angebrachte, in einer Rinne von 6 Zoll brennende Spiritusflamme; die Bilder erhalten eine leise Unschärfe. Prümm hält dafür, dass diese Unschärfe den Bildern nicht zum Nachtheil, doch auch nicht wesentlich zum Vortheil gereiche Reichardt erhielt bei einer Spirituslampe aber eine solche Unschärfe, dass die Bilder gänzlich unbrauchbar waren[5]).

Hier soll auch die Photographie einer Luftspiegelung erwähnt werden. Symons photographirte die Kirche zu Tenby; auf einem der Negative bemerkte man einen undeutlichen Streifen unter dem Wetterhahn des Thurmes: in gewöhnlicher Stellung weiss man nicht, was man

1) Brit. Journ. Almanac 1881.
2) Krone, Helios 1870. Bd. 1, S. 137.
3) Phot. Arch. 1871. Bd. 11, S. 244.
4) Phot. Mittheil. 1880. Bd. 17, S. 55.
5) Ibid. Bd. 17, S. 187.

aus dem Streifen machen soll; stellt man jedoch das Bild auf den Kopf, so erkennt man ganz deutlich ein Boot von 1 Zoll Länge mit Fahnen und Segel. Es ist festgestellt, dass um die Zeit, als die Aufnahme geschah, ein von dem Pembroke Dock frisch vom Stapel gelassenes Kanonenboot sich auf dem Wasser befand. Symons ist als der Erste zu betrachten, welcher das märchenhafte Phänomen der Luftspiegelung photographirt hat[1]). Eine andere Photographie einer Luftspiegelung am Meere ist im Bullet. de l'Association Belge de Photogr. 1887 abgebildet.

1) Phot. Mitth. Bd. 16, S. 151.

ACHTES CAPITEL.

PHOTOGRAPHIE VON SONNE, MOND UND STERNEN

I. Wirkung des directen Sonnen- und Mondlichtes.

Das directe Licht der Sonne wirkt, wie in den vorhergehenden Capiteln näher ausgeführt wurde, ungemein lebhaft auf photographische Präparate ein. Es übertrifft an photochemischer Wirksamkeit das Licht aller bis jetzt bekannten Lichtquellen und höchstens mit dem intensiven Licht mächtiger dynamo-elektrischer Maschinen lassen sich Zersetzungen einleiten, deren Energie jenen nahekommt, welche die directen Sonnenstrahlen bewirken. Ausnahmsweise wirkt das elektrische Licht sogar energischer auf gewisse Jodwasserstoff-Lösungen als Sonnenlicht (siehe Capitel IX).

Viele Substanzen, welche wenig lichtempfindlich sind, zeigen häufig nur im directen Sonnenlicht deutliche photochemische Zersetzungen und bei gewissen photographischen Copirprocessen ist directes Sonnenlicht fast unentbehrlich. In wie weit das zerstreute Tageslicht zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten weniger wirksam als das Sonnenlicht ist, wurde im VII. Capitel S. 321 erörtert.

Die bedeutende Energie des Sonnenlichtes macht es andererseits wieder schwierig, mit sehr empfindlichen photographischen Platten die richtige Exposition zu treffen, weil ein Zuviel in der Belichtung das normale photographische Bild wieder zerstört (s. Solarisation Seite 261).

Die Dauer der Exposition bei einer directen Photographie der Sonne auf nassen Platten ist natürlich verschieden lang, je nach der Oeffnung des Objectives, des Fernrohres und der Empfindlichkeit der Präparate. Lohse exponirte im Fernrohr auf Fothergill-Trockenplatten [1]) 0,005 bis

---

1) Siehe II. Band dieses Werkes.

0,008 Secunden[1]). — Janssen brauchte mit Bromsilbergelatineplatten nur ungefähr 0.0002 Secunden und bei einer Verlängerung der Exposition auf $^1/_2$ bis 1 Secunde trat schon Solarisation ein[2]).

Die Entdeckung, dass auch dem Mondlicht eine chemische Wirksamkeit zukommt, machte zuerst Vasalli 1792 (s. Seite 47), indem er beobachtete, dass das durch eine Sammellinse concentrirte Mondlicht ebenfalls das Chlorsilber dunkler färbt; jedoch wurde seine Angabe mehrfach angezweifelt.

Auch Daguerre constatirte im Jahre 1839 eine Einwirkung des Mondlichtes auf jodirte Silberplatten (s. Seite 132) und kurze Zeit darauf wies Moser gleichfalls die photographische Wirkung des Mondlichtes nach[3]).

Niepce fand 1850 bei seinen Sonnen- und Mondphotographien, dass die leuchtenden Himmelskörper auf die Photographie im Allgemeinen die Abstufungen von Licht und Schatten zeigen, welche wir mit dem Auge beurtheilen können, ja dass dasselbe sogar über die Intensität des Lichtes in manchen Fällen einen Schluss gestattet, wo das Urtheil des Auges nicht direct ausreicht[4]). Auch Porro 1851[5]) und Secchi 1851[6]) nahmen die Sonne photographisch zu verschiedenen Zeiten und mit verschiedenen Hilfsmitteln auf, und fanden, dass eine Zunahme der Lichtintensität nach der Mitte der Sonnenscheibe sich erkennen lässt.

Nach Dr. O. Lohse werden die Sonnenphotographien besonders rein und scharf, wenn man Wannen von Kaliumhypermanganatlösungen im Fernrohre einschaltet (Eder's Jahrbuch f. Phot. für 1887. S. 289). (Weitere Angaben über die Photographie der Sonne s. Konkoly, Anleitung zur Himmelsphotographie. 1887.)

Die ersten gelungenen Mondphotographien lieferte 1850 Whipple, Bond[7]) und Jones[8]). Die letzteren lieferten sehr vollkommene Daguerreotypen des Mondes in einer seiner Quadraturen.

Besonders wichtig sind die Mondaufnahmen Warren de la Rue's (1852), bei welchen das Bild mittels eines Reflexionstelescopes von 13 Zoll Oeffnung und 10 Fuss Brennweite in 10 bis 30 Secunden auf-

1) Unter anderem haben Trockenplatten den Vortheil, dass sie keine Dämpfe von Aether-Alkohol entwickeln, welche die Schärfe des Bildes im Fernrohre beeinträchtigen.

2) Compt. rendus. Juni 1880.

3) Poggendorff's Annal. Bd. 57, S. 23.

4) Comptes rendus. Bd. 30, S. 709.

5) Ibid. Bd. 33, S. 128.

6) Ibid. Bd. 33, S. 285.

7) Ibid. Bd. 32, S. 912. Daguerreian Journ. 1851. Bd. 1, S. 13.

8) Athenaeum. 1851. S. 716.

genommen wurde, sowie die späteren Aufnahmen mit dem grossen Refractor der Wiener Sternwarte durch Dr. Spitaler und durch E. von Gothard in Herény mit einem Spiegeltelescop (s. Eder's Jahrbuch f. Photogr. für 1888 und für 1891 und Konkoly a. a. O.).

Später beschäftigten sich in England Phillips und Bates im Jahre 1853, Hartnup, J. A. Forrest und Crookes im Jahre 1854, Fry und Howells im Jahre 1855 und der berühmte Spectralanalytiker Astronom Huggins im Jahre 1856 mit der photographischen Darstellung der Himmelskörper.

Bedeutende Mondphotographien lieferte aber Rutherfurd in New-York, welcher in der Zeit des Vollmondes nur 2 bis 5 Secunden, im ersten und dritten Viertel 20 bis 30 Secunden Exposition nöthig hatte (nasses Verfahren [1]).

Fry musste für Halbmond 12 Secunden, für aufnehmenden Mond, 4 Tage alt, 45 Secunden belichten, wenn er bei Vollmond in 1 bis 3 Secunden ein gutes Bild erhielt [2]).

Um eine Mondphotographie mit einem photographischen Objectiv aufzunehmen (Rectilinearlinse), exponirt man in einer klaren Winternacht mit nassen Collodionplatten ungefähr 2 Secunden [3]).

Janssen gelang 1880 die Photographie jenes aschfarbig erleuchteten Theiles des Mondes, welcher sein Licht von der Erde erhält. Dies Bild wurde auf Bromsilbergelatine mit einem Telescope von $^1/_2$ m Durchmesser und sehr kurzem Focus mit 60 Secunden Exposition hergestellt [4]).

Nach Simpson wirkt direct auffallendes Mondlicht so kräftig auf nasse Collodionplatten, dass er sogar bei Mondlicht Negative aufs Doppelte vergrösserte, mit einer Exposition von $^1/_2$ Stunde. Jarman copirte auf Bromsilbergelatine nach einem Negative ein Diapositiv in $2^1/_2$ bis $3^1/_2$ Minuten [5]) und Young sogar nur in 1 Minute [6]).

II. Photographie von Mondlandschaften.

Die Möglichkeit Photographien von Landschaften, welche durch Mondlicht beleuchtet sind, aufzunehmen, wurde früher öfters bezweifelt.

Breeze stellte zuerst in der Londoner Weltausstellung von 1862 Mondscheinbilder nach einer weissen Statue aus. Auf nassen Platten

1) Nähere Angaben über die zur Astro-Photographie benutzten Apparate s Stein, Das Licht im Dienste der Wissenschaft.

2) Kreutzer, Zeitschr. Phot. 1863. Bd. 7, S. 8 aus Phot. Journal. Bd. 7, S. 80.

3) Harmer, Yearbook of Phot. 1879. S. 70.

4) Compt. rend. Bd. 92, S. 496.

5) Phot. News. 1881. S. 68 und 1876, S. 537.

6) Phot. Mitth. Bd. 15, S. 284.

dauerte angeblich die Exposition 17 Minuten. Ogier in New-Yersey machte 1870 derartige Bilder und zwar war der Gegenstand eine Strandpartie mit Klippen, deren Umrisse neben dem Wiederschein des Mondlichtes im Wasser ziemlich deutlich wiedergegeben waren [1]).

Ueber die photographische Aufnahme von Mondlandschaften in der Camera mit nassen Platten machte auch Krone Versuche [2]).

Nach Krone wirkt das mittlere zerstreute Tageslicht in Dresden im December oder Januar zur Mittagszeit ungefähr ebenso stark auf Jodbrom-Trockenplatten als ein Magnesiumlicht (in einer Hohlspiegellampe verbrannt; Dicke?) in einer Distanz von zwei Meter. In einer Vollmond-Winternacht wirkt Mondlicht 6000 mal schwächer als Magnesiumlicht. „Somit verhält sich die photographische Intensität des Mondlichtes unter den bezeichneten Verhältnissen zur mittleren Intensität des winterlichen zerstreuten Tageslichtes oder des erwähnten Magnesiumlichtes wie 1 : 6000. Für eine nasse Collodionplatte muss eine Vollmondlandschaft mindestens 10 Minuten belichtet werden, wenn bei zerstreutem Tageslicht 0,1 Secunde genügt."

Die Schwierigkeiten bei der Aufnahme von Landschaften, welche durch Mondlicht erhellt sind, wurden wesentlich verringert durch die Einführung des Bromsilbergelatine-Verfahrens. Photographische Ansichten von Mondlandschaften sind gegenwärtig keine Seltenheit mehr und namentlich in England wurden mit Porträtobjectiven derartige Ansichten mehrfach aufgenommen. Sehr günstig ist es aber, nur in ganz hellen Mondnächten zu arbeiten und helle Gebäude mit weissen Wänden als Vordergrund zu wählen.

Um in hellen Herbstnächten eine Ansicht mit Gebäuden auf Bromsilbergelatineplatten von 23 Grad Warnerke aufnehmen zu können, muss man mit einem mässig abgeblendeten Antiplanet oder Aplanat (Blende $= {}^1/_{10}$ des Focus) $1{}^1/_2$ bis $2{}^1/_2$ Stunden belichten (Eder).

Cussons und Comp. erhielten in einer sehr hellen Vollmondlandschaft im October mittels einer Porträtlinse das Bild eines Gebäudes in ${}^1/_2$ Stunde [3]). Andere mussten aber länger belichten. Holmers erhielt eine hellbeleuchtete Mondlandschaft erst nach 1 Stunde und 20 Minuten Exposition [4]). Henderson exponirte mit einem Steinheilschen Aplanat (2. Blende) auf mit gekochter Emulsion präparirten Platten 7 Stunden [5]), Burton brauchte mit einer Porträtlinse sogar 8 Stunden [6]) und schätzt, dass eine

1) Vogel, Photogr. Mitth. 1870.
2) Photogr. Archiv. 1872. S. 112.
3) Phot. News. 1880. S. 570 und 610; 1881. S. 12.
4) Ibid. 1881. S. 46.
5) Ibid. 1881. S. 21.
6) Ibid. 1881. S. 622.

Mondlandschaft 300000 bis 3000000 länger als eine Sonnenlandschaft belichtet werden muss[1]).

Im Bull. de l'Association Belge de Photogr. ist eine von H. Colard bei Vollmondschein, mit einer Belichtung von $1^1/_2$ Stunden, aufgenommene Ansicht von Gebäuden reproducirt.

Dunmore erhielt ein harmonisches und reiches Mondlicht-Bild auf Bromsilbergelatine durch eine Exposition von 7 Uhr Abends bis Mitternacht. Es war dies eine Vorstadtansicht mit tief verschneiten Häusern und Gärten, im Vordergrunde eine Pappel, im Hintergrunde ein Kirchthurm[2]).

III. Photographie der Planeten und Fixsterne.

Die Planeten geben deutliche Lichtbilder auf photographischen Platten.

Jupiter mit seinen Bändern, Saturn mit seinem Ringe und Mars mit seiner unregelmässigen Oberfläche haben, besonders die beiden ersten, sehr schöne Bilder in einer (etwas verschiedenen) Zeit von einigen Secunden gegeben. Warren de la Rue, der mit einem seltenen Fleisse zuerst diese Untersuchungen verfolgt hat, ist noch weiter gegangen und hat stereoscopische Abbildungen von diesen Planeten auf nassen Collodionplatten erhalten.

Das Licht der Fixsterne wirkt viel stärker, als das der Planeten auf photographische Platten ein, so dass dieses Verhalten allein schon einen wesentlichen Unterschied dieser Gestirne ausmacht.

Da die Fixsterne eine in kleinen Beobachtungszeiten unmerkliche Bewegung haben, ihre Lichtstärke aber schon beträchtlich ist, geben sie auf photographischen Platten in wenig Secunden schon ein Bild, die Sterne der beiden ersten Grössen fast augenblicklich.

Sie erscheinen als kleine schwarze Punkte in der Platte, welche mittels eines Mikroscopes aufgesucht werden müssen. Warren de la Rue, Bond, Rutherfurd, Schultz-Sellack u. A. photographirten die Fixsterne.

Rutherfurd hat Sterne bis zur neunten Grösse photographisch dargestellt, Erscheinungen am Himmelsgewölbe, welche das unbewaffnete Auge niemals zu erreichen vermag. In dem Sternhaufen Praesepe hat derselbe auf einem Quadratzoll bei einer Expositionszeit von 3 Minuten 23 Sterne aufgenommen, von welchen einige neunter Grösse sind. In einer Secunde erhielt er eine sehr gute Photographie des Castor, welchen Stern er einmal sogar in einer halben Secunde auf die Platte zu photographiren im Stande war. Rutherfurd behauptete, mit seinem Objectiv von $11^1/_4$ Zoll Oeffnung alle Objecte, die man am Himmel sehen kann, vorausgesetzt, dass keine atmosphärischen Hindernisse die Lichtwirkung beeinträchtigen, aufnehmen zu können.

---

1) Phot. News. 1880. S. 598.
2) Phot. Mitth. 1881. Bd. 18, S. 78.

Bond und Whipple nahmen 1850 die Lyra um 11 Uhr Nachts in 30 Secunden mit dem grossen Refractor auf[1]).

Huggins photographirte 1880 auf Bromsilbergelatineplatten sogar die sehr lichtschwachen Spectren der Sterne[2]).

Zur Herstellung photographischer Himmelskarten wurde in Paris ein internationaler astronomischer Congress einberufen, wozu die Regierungen aller Culturstaaten ihre Vertreter entsendet hatten (von Oesterreich nahmen Director Dr. Weiss und Dr. Eder theil). Es wurde die Verwendung gleichartiger Fernrohre (Refractoren) von 33 cm Linsendurchmesser und 3,4 m Brennweite beschlossen; auf einer photographischen Platte soll ein Theil des Himmels = 1 Grad wiedergegeben werden. Die Linsen sollen für die Region der Fraunhofer'schen Linie *G* aplanatisch gemacht werden. Es werden Bromsilbergelatineplatten mit zwei verschiedenen Expositionen verwendet. Eine Exposition soll noch Sterne 14. Grösse geben, eine kürzere Sterne 12. Grösse. Durch diesen Vorgang und das Ausmessen der Sterne bis 14. Grösse werden mehr als 2 Millionen Sterne neu in den Sternecatalog treten (Eder's Jahrbuch f. Photogr. für 1888. S. 458).

Die Voruntersuchungen, welche vor Beginn der photographischen Himmelsaufnahme nach den Beschlüssen der Pariser Conferenz (Frühjahr 1887) gemacht werden müssen, werden durch eine eigene Publication, welche von Zeit zu Zeit erscheinen wird, nämlich: Bulletin du Comité international permanent pour l'exécution photographique de la carte du ciel, veröffentlicht.

Einen sehr grossen Theil der Vorarbeiten hat Prof. H. C. Vogel, bezüglich das astrophysikalische Observatorium in Potsdam übernommen und zu einem vorzüglichen Abschlusse gebracht. Die Untersuchungen bezogen sich auf:

1. Herstellung photographischer Gitter behufs Ausmessung der Platten;
2. Untersuchungen über die Veränderung der empfindlichen Schicht in Folge der durch Hervorrufung und Fixirung bedingten Manipulationen;
3. Untersuchungen über den Einfluss der Expositionszeit auf die Exactheit photographischer Sternaufnahmen;
4. Auswahl geeigneter Prüfungsobjecte zur Beurtheilung der Güte der verschiedenen zur Verwendung kommenden Instrumente.

Was die Gitter anbelangt, so hatten sie vorerst den Zweck, auf die Platten aufcopirt zu werden, um die Verzerrungen der lichtempfindlichen Schicht durch den Hervorrufungs- und Fixirungsprocess nachzuweisen, dann aber auch, um sie bei Ausmessung der Sternpositionen behufs Catalogisirung der Sterne zu verwenden. Nach verschiedenen Versuchen gelang es Dr. Scheiner so vorzügliche Gitter herzustellen, dass die Einstellungen auf einen Strich dieser Gitter eine Genauigkeit (mittleren Fehler) von $\pm$ 0,0008 mm haben, während die Einstellungen auf die Sternscheibchen einer

1) La Daguerreian Journal. 1851. Bd. I. S. 13.

2) Phot. News. 1880. S. 99, 111. Mit Abbildung.

Henry'schen Platte im Durchschnitt ± 0,0018 mm als mittleren Fehler ergeben hatten. Für die von der Conferenz vorgeschlagenen Dimensionen der Instrumente zur Herstellung der Himmelskarte würden diese Zahlen 0,05 resp. 0,11 Bogensecunden entsprechen.

Die Untersuchungen über die Verzerrung der Gelatineschicht haben sehr erfreuliche Resultate erbracht; es ist der Betrag der Verzerrung kleiner als der mittlere Pointirungsfehler, nämlich 0,006 mm. Prof. Vogel hat sich bereit erklärt, alle nothwendigen Gitter in Potsdam herstellen zu lassen (Astronom. Nachrichten. Bd. 119, S. 1).

Dr Scheiner hat ferner den Einfluss der Expositionsdauer auf die Güte und Brauchbarkeit der Sternphotographien untersucht und gefunden, dass innerhalb der von ihm untersuchten Grenzen die Expositionsdauer ohne merklichen Einfluss auf die Genauigkeit der Positionsbestimmung der Sterne zu sein scheint (Astronom. Nachrichten. Bd. 118, S. 153), womit die von Prof. Thiele (Note sur l'application de la photographie aux mesures micrométriques des étoiles) an drei Pariser photographischen Aufnahmen der Praesepe erhaltenen Resultate übereinstimmen, wonach der mittlere Einstellungsfehler auf Sternpunkte nur an den Rändern der Platte 0,2 Bogensecunden überschreiten kann.

Christie berichtet der Royal Astronomical Society in London (The Observatory. 1888. S. 62) über Versuche, welche in Greenwich zur Beantwortung der Frage gemacht wurden, welche Verzerrungen das photographische Bild nach dem Rande der Platte zu erleide, und bediente sich kugelförmig gekrümmter Platten, entsprechend der Krümmung des Gesichtsfeldes am Orte des kleinsten Zerstreuungskreises. Die aufgenommenen Photographien konnten leider in Ermangelung eines zur Ausmessung der gekrümmten Platten geeigneten Instrumentes noch nicht gehörig verwerthet werden, jedoch zeigte sich, dass bis zu einem Abstand von 3 Grad vom Mittelpunkte die Bilder, wenn auch nicht mehr kreisförmig, doch gut ausmessbar sind. Die Platten umfassten $5^3/_4$ Quadratgrad Himmelsfläche.

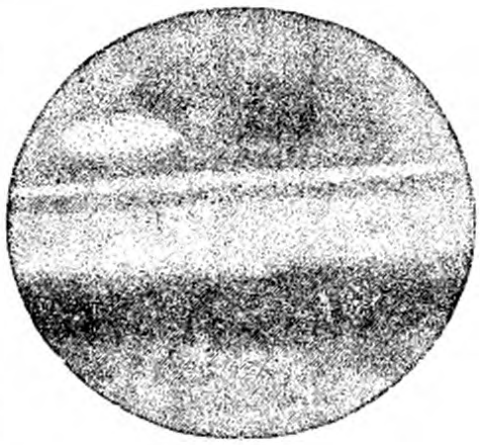


Fig. 67.

Die photographische Aufnahme von Planeten ist sehr schwierig, wegen des geringen Durchmessers der Planeten, die dann vergrössert werden müssen, um irgend welche Details davon erblicken zu können; hierbei wirkt das Korn der empfindlichen Platte störend. Das Brennpunktbild des Jupiters bei einem günstigen Stande ist z. B. beim Potsdamer Refractor, welcher etwa 17 Fuss Brennweite hat, = 1 mm. Dr. O. Lohse ist es gelungen, das Scheibchen 45 mal zu vergrössern (siehe Publicationen des astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam, Bd. 3, S. 55) und zwar mit überraschendem Erfolg. Fig. 67 zeigt die Reproduction dieser vergrösserten Aufnahme des Jupiters. Der Aequatorialgürtel wird durch einen dunkeln Zwischenraum in zwei Theile getheilt, was von einer Wolkenreihe herrührt (Eder's Jahrbuch f. Phot. für 1888. S. 459).

Professor Pritchard stellt für die photographische Bestimmung der Sterngrösse als Gesetz auf, dass die Durchmesser der Kreise, welche die Sterne anf der empfindlichen Platte zeichnen, sich verhalten wie die Logarithmen der Sterngrössen, d. h. dass dieselben eine arithmetische, die Sterngrössen eine geometrische Reihe bilden (Eder's Jahrbuch f. Photogr. für 1888. S. 459).

IV. Photographie der Nebelflecken, Kometen, Sternschnuppen und leuchtenden Nachtwolken.

Die Nebelflecken trotzten wegen ihrer Lichtschwäche bis in die neueste Zeit den Anstrengungen, sie zu photographiren. Durch die Anwendung von sehr empfindlichen Bromsilbergelatineplatten gelang es Draper in New-York im October 1880 den Orionnebel bei 50 Minuten Exposition zu photographiren [1]) und auch Janssen legte 1881 der Pariser Academie verschiedene Photographien der Nebelflecken des Orion vor [2]).

Der Donat'sche Komet vom Jahre 1858 soll in 7 Secunden ein photographisches Bild gegeben haben, wogegen Horn selbst nach 3 Minuten mit dem lichtstärksten Porträtobjectiv auf nassen Collodionplatten von diesem Kometen kein Bild erhielt [3]) und Warren de la Rue hatte von dem Kometen vom Jahre 1861 selbst nach 15 Minuten keine Photographie erhalten, obschon die Fixsterne schon nach 2 Minuten auf der Platte ganz gut erschienen waren.

Nach Whipple war die photographische Lichtkraft des Kometen von 1861 tausendmal geringer, als jene der Fixsterne dritter oder vierter Ordnung [4]).

Trotz der Lichtschwäche der Kometen gelang es Lockyer, den Kometen vom Juli 1874 im Fernrohr in 2 Minuten zu photographiren [5]).

Die hohe Empfindlichkeit der Gelatineplatten ermöglichte den wenig hellen Kometen von 1881 zu photographiren und zwar erhielt Draper in New-York in 17 Minuten ein Bild desselben [6]) und Huggins bekam bei 1 Stunde Exposition sogar die Photographie des Spectrums desselben [7]).

Der Komet 1881 hatte eine relativ geringe photographische Wirksamkeit, indem er dem Auge hell wie ein Stern 1. Grösse erschien,

1) Compt. rend. Bd. 91, S. 688.
2) Compt. rend. Bd. 92, S. 261. Beibl. Annal Phys. Chem 1881. S. 362.
3) Horn's Phot. Journ. 1861. Bd. 16, S. 72.
4) Revue Photographique 1861. S. 243.
5) Phot. Mitth. Bd. 11, S. 130.
6) Phot. News. 1881. S 312.
7) Ibid. S. 324.

aber auf die photographische Platte nach Janssen[1]) nur wie ein Stern 5. Grösse wirkte.

Mr. Roberts (Monthly Notices of the Royal astronomical Society. Vol. XLVIII, No. 1) beschreibt einige seiner Nebel- und Sternphotographien, darunter auch seine Aufnahmen des Ringnebels in der Leier, die er zwischen dem 14. und 31. Juli 1887 mit 10 bis 60 Minuten Expositionsdauer erhalten hat. Es zeigt sich auf jeder derselben der centrale Stern. Um diese Zeit wurde der Stern auch mit dem grossen Wiener Refractor von Spitaler beobachtet (Astronomische Nachrichten. Bd. 117, S. 261), der das Sternchen, über dessen Sichtbarkeit zuerst Hahn im Berliner Jahrbuche berichtet, für veränderlich hält.

Die Brüder Henry haben unter anderem neue Aufnahmen der Plejadengruppe gemacht, bei denen bis zu 4 Stunden exponirt wurde und die Sterne zeigen, welche offenbar schon zur 18. Grösse zu rechnen sind, also für das Auge mit den gegenwärtigen Hilfsmitteln nicht mehr wahrgenommen werden können. Diese neuen Aufnahmen zeigen auch noch Nebelgebilde, die auf ihren früheren Aufnahmen noch nicht enthalten waren (Rapport annuel de l'observatoire de Paris pour 1887).

E. von Gothard beschreibt in den Astronomischen Nachrichten (Bd. 119, S. 93) zwei Aufnahmen des Kometen Sawerthal, die er auf orthochromatischen Platten von Dr. Schleussner aufgenommen und die sehr viel Detail zeigen.

O Jesse (Astronomische Nachrichten. Bd 119, S. 153) erörtert ausführlich die günstigste Bedingung, durch photographische Aufnahmen von Sternschnuppen an zwei entlegenen Orten die Höhe derselben zu bestimmen, um dadurch auch die Frage über die Höhe der Atmosphäre, die in Folge des Auftretens von leuchtenden (silbernen) Wolken (Meteorologische Zeitschrift 1885. S. 8 und 64, 1887 S. 179, 1888 S. 90) ein erhöhtes Interesse gewonnen hat, genauer zu beantworten. Bei der Höhenbestimmung genannter leuchtender Wolken hat sich die Photographie als vorzügliches Hilfsmittel bewährt.

Ueber spätere Fortschritte der Himmelsphotographie s. Konkoly's „Anleitung zur Himmelsphotographie" (1887), ferner Spitaler: in Eder's Jahrbuch f. Photographie für 1889 u. s. f.

---

1) Phot News. 1881. S. 324.

NEUNTES CAPITEL.

DIE PHOTOMETRIE DER CHEMISCH WIRKSAMEN STRAHLEN UND DIE PRÜFUNG DER EMPFINDLICHKEIT PHOTOGRAPHISCHER PRÄPARATE.

Literatur:

Becquerel, La lumière. 1868. — Bunsen und Roscoë, Chlorknallgas-Photometer: Poggendorff's Annalen der Physik. Bd 96, S. 96 und 373; Bd 100, S. 43 und 481; Bd. 101, S. 255; Bd. 108, S. 193. Chlorsilberpapier-Photometer: Poggendorff's Annalen. Bd. 117, S. 529; Bd. 124, S. 353; Bd. 132, S. 404. Ergänzungsband zu Poggendorff's Annalen. Bd. 5, S. 177. — Marchand, Etude sur la force chimique contenue dans la lumière du soleil. 1875. — Radau, Actinometrie. 1877. — Warnerke, Photographic News. 1880. S. 2; auch Bulletin de l'Association Belge de Phot Bd. 6, S. 403. — Pizzighelli, Photographische Correspondenz. 1880. S. 179 u. ff. (Separat-Abdruck unter dem Titel: Actinometrie). — Vogel, Lehrbuch der Photographie. 1878. Vogel und Sawyer, Das photographische Pigmentverfahren. 1875. — Stein, Das Licht. 1877. — Schilling, Handbuch für Steinkohlengasbeleuchtung. 3. Aufl. — Post, Chemisch-technische Analyse. 1881.

I. Allgemeines über Photometrie, Actinometrie und Normallicht.

A) Synonyme Bezeichnungen.

Die Messung der Intensität der chemisch wirksamen Lichtstrahlen pflegt man meistens Actinometrie zu nennen, zum Unterschiede von der Photometrie, unter welcher, seit Lambert 1760 diesen Namen zuerst gebrauchte, die Messung der optischen Helligkeit verstanden wird. Jedoch wird diese Unterscheidung durchaus nicht scharf genommen und man spricht sehr häufig von der Photometrie der chemischen Strahlen; andererseits ist als Actinometer oft ein Instrument bezeichnet, welches die im Sonnenlicht enthaltenen Wärmestrahlen misst. Marchand suchte die Bezeichnung „Photantitypimeter" statt Actinometer und „Antitypie"

statt chemischer Kraft des Sonnenlichtes einzuführen, Garneri nannte seinen Lichtwirkungsmesser „Photergimeter", Draper gebrauchte den Ausdruck „Tithonometer", De Limency „Lucimeter", Claudet „Dynactinometer" und Herschel und Hunt nannten ihr selbstregistrirendes chemisches Photometer „Actinograph", während Jordan für ein ähnliches Instrument den Ausdruck „Heliograph" gebrauchte.

B) Princip der Actinometrie oder chemischen Photometrie.

Um in der Photometrie zu sicheren, mit sich selbst in keinem Widerspruch stehenden Daten zu gelangen, muss man sich vor Allem an die mehrfache Wirksamkeit der Lichtstrahlen erinnern. Am frühesten beachtet und selbst bis heute geradezu mit ihrem Begriffe identificirt, finden wir die optisch-physiologische Wirkung der Lichtstrahlen auf die Netzhaut des Auges; gleichfalls frühe wurde bemerkt, dass die Lichtstrahlen nicht bloss leuchten, sondern auch wärmen (s. S. 55). Aber schon die Beobachtung, dass hierbei Helligkeit und Wärme nicht immer gleichen Schritt halten, gehört der Neuzeit an und noch jünger ist die Erkenntniss chemischer Wirkung der Lichtstrahlen. Die optischen Helligkeiten zweier Lichtquellen gestatten keinen Schluss auf die thermischen (d. i. erwärmenden) oder chemischen Wirkungen (s. S. 279 und weiter unten S. 354, ferner im Capitel über „Photographie bei künstlichem Licht"). Es ist also durch den Fortschritt der Wissenschaft eine dreifache Photometrie oder Lichtmesskunst gefordert und jede verlangt ihre eigenen Instrumente und ihre gesonderte wissenschaftliche Erforschung.

Die chemische Wirkung des Lichtes hängt von der Farbenempfindlichkeit der Substanz ab und ist daher für Silbersalze eine andere als für Chromsalze (s. S. 266). Deshalb gibt es streng genommen ebenso viele Photometrien chemisch wirksamer Strahlen, als es lichtempfindliche Substanzen gibt. Glücklicher Weise hat sich aber gezeigt, dass wenigstens in weiteren Grenzen verschiedene Fälle hier parallel gehen. Während es ganz und gar unmöglich ist, aus den optischen Wirkungen zweier Lichtquellen Schlüsse auf ihre chemischen Wirkungen zu machen, so ist es erlaubt, aus den Anzeigen des Chlorknallgas-Photometers auf diejenigen des Chlorsilber-Photometers (in weiteren für die Praxis zumeist ausreichenden Grenzen) zu schliessen, wie Roscoë und Thorpe bestätigten.

Die Zusammenstellung von einigen Curven, welche die Wirkung des Spectrums auf verschiedene photographisch oder auch actinometrisch verwendete Substanzen ergeben, wurde schon oben (S. 238) gegeben. Ihre Nebeneinanderstellung ist sehr instructiv und zeigt, wie sehr verschieden das verschiedenfarbige Licht wirkt und wie unzulässig die Anzeigen

einer bestimmten Photometersubstanz für andere lichtempfindliche Präparate sind.

Die photometrischen Messungen werden in einem Zimmer vorgenommen, das den Ausschluss des Tageslichtes und jedes anderen fremden Lichtes gestattet, und dessen Wände zur Vermeidung von störenden Reflexen matt grau oder dunkel angestrichen sind.

II. Normal-Lichtquellen für photometrische Zwecke und zur Bestimmung der Lichtempfindlichkeit photographischer Präparate.

Sowohl zu den Zwecken der Helligkeitsmessung (Photometrie) verschiedener Lichtquellen, als auch andererseits zur Bestimmung der Lichtempfindlichkeit photographischer Präparate benöthigt man sogenannter „Normal-Lichtquellen", *welche als Mass-Einheit dienen. Man* verlangt von einer Normal-Lichtquelle, dass sie

1. zu jeder Zeit und an jedem Orte der Erdoberfläche von vollkommen *gleicher Intensität zu beschaffen sei;*
2. dass nicht nur die optische Helligkeit, sondern auch die chemische Intensität des Lichtes jederzeit constant sei; und dass
3. die Normal-Lichtquelle alle Gattungen von Lichtstrahlen aussende, welche bei photographischen Processen in Betracht kommen.

Es ist sehr schwierig, Normal-Lichtquellen zu finden, welche allen diesen Anforderungen entsprechen.

Das gewöhnliche Licht einer Kerze, Leuchtgasflamme, Oel- oder Amylacetat-Lampe kann wohl von annähernd constanter Helligkeit (Intensität) erhalten werden; allein das von diesen Lichtquellen ausgesendete Licht ist arm an blauen, besonders aber an violetten und ultravioletten Strahlen, auf welche es bei der gewöhnlichen photographischen Processen mit Silbersalzen (s. S. 239) hauptsächlich ankommt und welche in der That auch im Sonnenlicht reichlich vorkommen. Das elektrische Licht, welches reich auch an Strahlen von starker Brechbarkeit (Blau, Violett und Ultraviolett) ist, ist schwer constant zu erhalten; das Licht von brennendem Magnesium ist allerdings reich an blauen, violetten und ultravioletten Strahlen, aber dafür arm an rothen, gelben und grünen Strahlen, von welchen Farben das Magnesiumlicht kein continuirliches, sondern bloss ein mit einzelnen Linien durchsetztes Spectrum aufweist. Aehnliches ist beim blass blauen Lichte des brennenden Kohlenoxydes der Fall, welches wohl ein continuirliches Spectrum aussendet, aber fast keine rothen und gelben Strahlen enthält. Am meisten entspricht das von weissglühendem Platin ausgesendete Licht allen theoretischen

Anforderungen, weil es ein continuirliches Spectrum aller Strahlen von Roth bis Ultraviolett gibt und grosse Intensität besitzt.

Die Helligkeit verschiedener Theile des Spectrums für verschiedene Lichtquellen wurde von Nichols, Crova[1]), Pickering[2]) quantitativ bestimmt (s. Vierordt's Tabelle S. 280). Der letztere gab eine genaue Tabelle für diese Helligkeiten an, setzte dabei die Helligkeit im Gelb (bei der Linie *D*) = 100 und erhielt folgende Zahlen für die mittels des Auges bestimmte optische Helligkeit:

	Helligkeit an den einzelnen Theilen des Spectrums				Gesammt-Helligkeit in Kerzen
	C	*D*	*b*	$F^1/_2 G$	
Normalkerze	73	100	104	134	1
Gaslampe	74	100	103	125	16
Kalklicht	59	100	113	285	90
Elektrisches Licht . .	61	100	121	735	362
Magnesiumlicht . . .	50	100	223	1129	215
Mondlicht	87	100	155	363	204
Sonnenlicht	45	100	250	2971	70000

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass im Kerzen- und Gaslicht die Intensität der blauen Strahlen ziemlich analog vertheilt ist, dass aber im Kalklicht und noch mehr im elektrischen Licht und Magnesiumlicht die blauen Strahlen im Verhältniss zu den rothen und gelben in viel reichlicherer Menge vorkommen.

Je stärker feste Körper erhitzt werden, desto grösser ist die Intensität des Lichtes und desto mehr blaue und violette Strahlen mengen sich dem ausgestrahlten Lichte bei. Dies gilt für das Drummond'sche Kalklicht, für glühenden Platindraht etc. So ist nach Draper[3]) die Intensität des von glühendem Platindraht ausgestrahlten Lichtes bei 1421 Grad C. 40 mal grösser als bei 1038 Grad C.

Ueber die Verschiedenartigkeit zwischen optischer Helligkeit und photographischer Wirksamkeit siehe auch im folgenden Hefte („Photographie bei künstlichem Lichte"). Ferner vergl. auch auf Seite 279.

A) Die Violle'sche Lichteinheit und die Amylacetat-Lampe.

Als Lichteinheit zur Photometrie für photographische Zwecke wurde vom Congrès de Photographie 1889 in Paris die sogenannte Violle'sche Einheit (welche auch vom Congress der Elektriker im Jahre 1881 acceptirt wurde) angenommen. Diese Violle'sche Lichteinheit[4]) wird durch diejenige Lichtmenge gebildet, welche 1 qcm weissglühendes geschmolzenes Platin im Augenblicke des Erstarrens aussendet.

1) Beiblätter zu d. Annal. d. Physik. Bd. 2, S. 655; Bd. 3, S. 275. 276. 859.

2) Beiblätter zu d. Annal. d. Physik. 1880. Bd. 4, S. 728 aus Proc. Ann. Ac. of Arts and Sc. 1880. S. 236.

3) Philosophical Magazine. 1847. Bd. 30, S. 345.

4) Violle, Note sur les experiences effectuées pour la détermination de l'étalon absolu de lumière. (Gauthier-Villars, Paris. 1884.) — (Vergl. auch Jahrber. f. chem. Technologie. 1884. S. 1272.)

Diese Lichteinheit ist jedoch sehr schwierig herzustellen und zur practischen Verwendung kaum geeignet[1]).

Deshalb wurde vom genannten Congress die bereits vielfach von anderer Seite, im Jahre 1884 von Hefner-Alteneck construirte Amylacetat-Normallampe für die gewöhnlichen photometrischen Arbeiten empfohlen. Dieselbe ist eine Lampe, in welcher Amylacetat mittels eines Baumwolldochtes verbrannt wird; diese Substanz ist leicht von constanter Zusammensetzung zu haben und brennt mit ruhiger, hellleuchtender rauchloser Flamme. Die spectrale Zusammensetzung ist ähnlich wie bei einer Kerzenflamme (Eder[2]). Die metallische Docht-Hülse hat im Innern einen Durchmesser von 5 mm; die Flammenhöhe soll 25 mm betragen. 1 cm von der Flammenachse entfernt ist ein Schirm angebracht, welcher ein horizontales Fenster von 4 mm Breite und 30 mm Länge besitzt; dieses Fenster ist aus dünnem Metall angefertigt und auf einer verschiebbaren Röhre auf dem Dochthalter befestigt und 10 mm über dessen Ende befindlich, so dass es sich leicht auf- und abschieben und vor den hellsten Theil der Flamme bringen lässt[3]). Für genaue Untersuchungen muss die Lichtstärke der Amyllampe auf die Violle'sche Lichteinheit bezogen werden.

Bezüglich der Bestimmung der Empfindlichkeitsgrade von Trockenplatten wurde die Herstellung einer Scala von grauen bis schwarzen Tönen empfohlen, welche durch die Belichtung von ein- oder mehrmal 5 Secunden, bei einem Lichtabstande der Amylacetat-Lampe, deren Licht auf $^1/_5$ Quadratcentimeter reducirt ist, von 1 *m* auf einer Platte hergestellt werden könne. Als Entwickler wird das Eisenoxalat, und als Entwicklungsdauer 5 Minuten bei ungefähr 15 Grad C. festgesetzt.

Die Amylacetat-Lampe findet zu verschiedenen Zwecken der Photometrie immer mehr Verwendung. Die Kerzencommission in Deutschland hat sie für Licht-

1) Eine andere Form ist die Siemens'sche Normallampe, bei welcher Platinblech durch starke elektrische Ströme zur Weissgluth und beginnendem Schmelzen gebracht wird und das von 1 qcm ausgesendete Licht zur Messung dient.

2) Vergl. Eder, Sitzber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. II. Abth. 1885.

3) Diese vom Pariser Photographischen Congress angenommene Form der Amylacetat-Lampe ist nicht identisch mit der ursprünglichen Form der Hefner-Altenecksehen Amylacetat-Lampe. In der ursprünglichen Form empfahl Hefner-Alteneck als Lichteinheit: Die Leuchtkraft einer frei brennenden Flamme, welche aus dem Querschnitt eines massiven mit Amylacetat gesättigten Dochtes aufsteigt, der ein kreisrundes Dochtröhrchen aus Neusilber von 8 mm innerem, 8.2 mm äusserem Durchmesser und 25 mm freistehender Länge ausfüllt, bei einer Flammenhöhe von 40 mm von dem Rande des Dochtröhrchens bis zur Flammenspitze und wenigstens 10 Minuten nach dem Anzünden gemessen. (Solche Lampen liefern Dr. Krüss in Hamburg, und Siemens & Halske in Berlin; Amylacetat ist von Kahlbaum in Berlin S O., Schlesische Strasse 14, zu beziehen.) — Setzt man die Hefner-Alteneck'sche Amylacetat-Lampe = 1, so besitzt die deutsche Vereins-Paraffinkerze von 50 mm Höhe die Helligkeit = 1,224 und die englische Wallrathkerze (K) von 45 mm Flammenhöhe = 1,140 (Wagner's Jahrber. f. chem. Technologie für 1889. S. 73).

messung als sehr geeignet erkannt (Journal für Gasbeleuchtung. 1887. S. 1001; 1888. S. 756). Nach Liebenthal ist die Handhabung der Amylacetat-Lampe, im Vergleich zur englischen Normalkerze sehr bequem, da sie lange Zeit gleichmässig brennt. Es erscheint jedoch wichtig, ein constantes Flammenmaterial (Siedepunkt 138 Grad C.) zu besitzen; das Amylacetat soll frei von Essigsäure und Wasser sein; Gehalt an Amylalkohol schadet wenig. Die Helligkeit zweier Amylacetat-Lampen bei normaler Flammenhöhe ergab nur eine mittlere Schwankung von 0,9 Proc. und entspricht somit völlig genügend für photometrische Zwecke (Elektrotechn. Zeitschr. 1888. S. 96 und 478). Die Siemens'sche Platin-Normallampe hat nach Liebenthal die 1,757 fache Helligkeit der Amylacetat-Lampe. Jedoch ist es sehr schwer, sichere photometrische Vergleiche beider Normallampen zu machen, da die verschiedene Färbung der beiden stört.

Es ist hinlänglich festgestellt, dass die Amylacetat-Lampe ein constantes und vertrauenswürdiges Licht für photometrische Zwecke liefert, aber die Flamme ist für photographische Zwecke zu gross, und kleine Variationen, welche das blosse Auge nicht entdecken kann, werden leicht von der empfindlicheren photographischen Platte an den Tag gebracht.

Um die Beständigkeit des Lichtes zu erhöhen und dieselbe für photographische Messungen verwendbar zu machen, hat C. H. Bothamley[1]), ähnlich wie es vom Congress acceptirt wurde, einen Lichtschirm angebracht. Die Dimensionen der verschiedenen Theile sind so einfach als möglich gewählt. Die wichtigeren Dimensionen, welche die Leuchtkraft der ganzen Flamme beeinflussen, sind der Durchmesser des Dochtes und die Höhe der Flamme, während die Dimensionen, welche auf die Leuchtwirkung irgend eines von der Flamme abgeschnittenen Theiles Einfluss haben, die Entfernung des Schirmes von der Flamme, die Grösse der Oeffnung und die Stellung der Oeffnung zu Spitze und Fuss der Flamme sind. Der Brenner ist am besten aus Silber, mit einem inneren Durchmesser von 1 cm, worin sich ein fester Baumwolldocht befindet. Die Lampe ist mit Amylacetat gefüllt. Die Flammenhöhe beträgt 5 cm. Ein mit einer Oeffnung von $^1/_2$ bis 1 qcm versehener

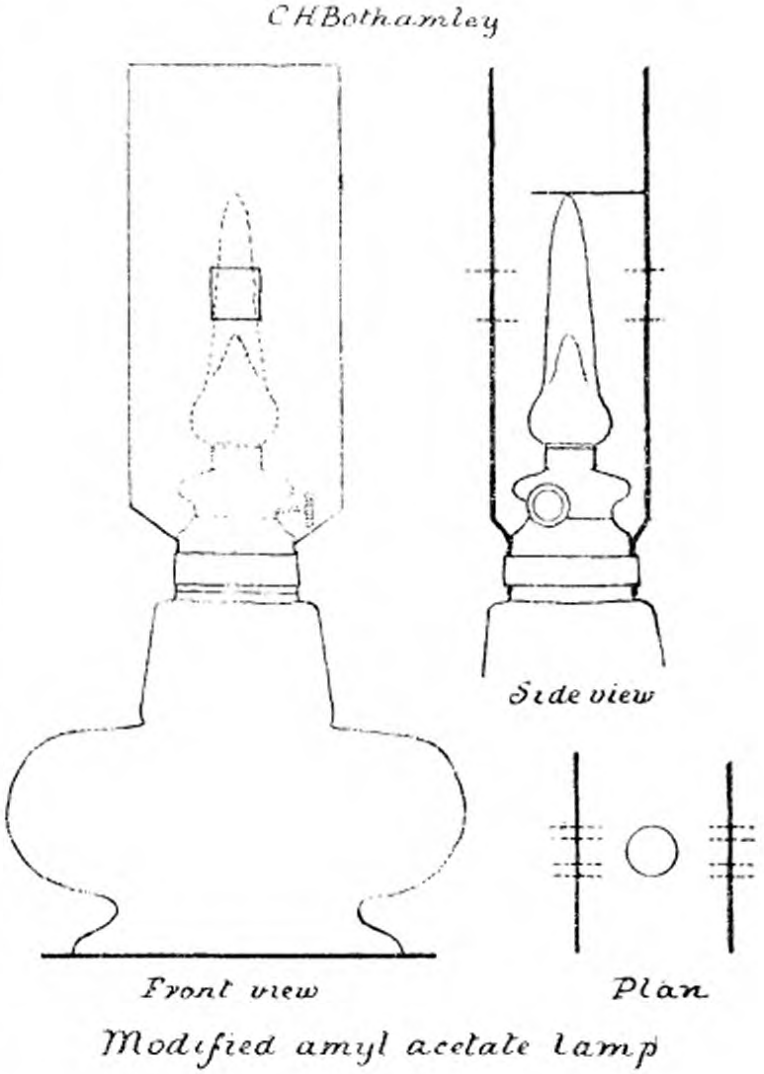


Fig. 68.

1) „Photographic News". 9. Aug. 1889. Eder's Jahrb. f. Phot. für 1890. S. 54.

Schirm umgibt die Flamme derartig, dass nur ein entsprechender Theil der Flamme (und zwar vom hellsten Theile, d. i. $2^1/_2$ cm über dem oberen Ende des Brenners) frei ist. In diesem Schirm sind auch Platindrähte gespannt, um damit die Flammenhöhe abmessen zu können. Die Horizontal-Entfernung des Schirmes von der vorderen Kante des Brenners ist = 1 cm. Die verticale Entfernung des unteren Endes der Oeffnung von dem oberen Ende des Brenners = $2^1/_2$ cm. Höhe der Oeffnung = 1 cm; Breite der Oeffnung = 1 cm oder $^1/_2$ cm; Breite der Schirme = 4 cm; Höhe der Schirme über dem oberen Ende der Oeffnung = 4 cm. (Fig. 68.)

B) Die Normalkerze.

An Orten, wo man kein Gas hat, kann man sich mit gutem Erfolge einer sog. Normalkerze bedienen. Man wirft allerdings den Normalkerzen viele Fehler vor; in der That entwickeln die Kerzen bei freiem Brennen keine constante Leuchtkraft[1]). Dennoch haben zahlreiche Versuche von Fachmännern des Gas-Beleuchtungswesens gezeigt, dass bei einer bestimmten Flammenhöhe eine hinreichende Constanz für Beleuchtungszwecke vorhanden; dasselbe gilt, nach Versuchen des Verfassers, vollinhaltlich für photographische Zwecke, da eine Empfindlichkeitsdifferenz von 5 bis 10 Proc. nicht belangreich ist, das Licht aber bei constanter Flammenhöhe solche Schwankungen nicht macht.

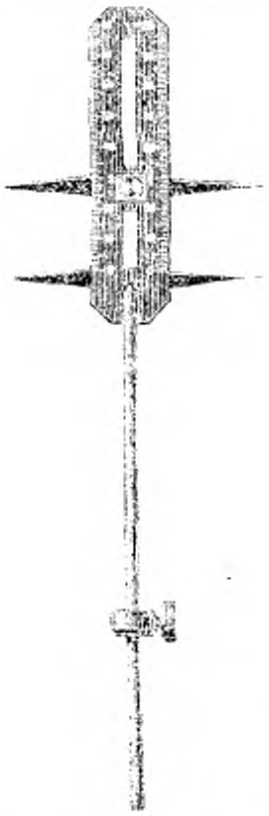


Fig. 69. Photometer.

Um die Flammenhöhe bequem zu messen, ohne sich der Flamme nähern zu müssen, ist mit dem Kerzenhalter ein verticaler verschiebbarer Stift verbunden, welcher zwei feine Metallspitzen in der verlangten Entfernung trägt (Fig. 69). Die untere Spitze ist so gestellt, dass sie genau auf den unteren Rand der Flamme zeigt. Als solcher wird die Stelle angesehen, an welcher der blaue Theil der Flamme unten am Docht beginnt und denselben berührt. Diese Stelle ist leicht kenntlich durch das hier beginnende Schwarzwerden des Dochtes. Sobald als die Spitze der Flamme die obere Metallspitze berührt oder in dieselbe Horizontalebene gelangt, werden die Messungen vorgenommen. Rüdorff stellt die verlangte Flammenhöhe her, indem er an der in vollem Brennen begriffenen Kerze den Docht so weit abschneidet, dass die Flamme zunächst eine etwas geringere Höhe zeigt und dann wartet, bis sie die verlangte Höhe erreicht hat. Es ist darauf zu achten, dass der Docht stets senkrecht in der Mitte stehe.

In London und Berlin wird zu den officiellen Messungen eine Wallrathkerze verwandt, von welcher sechs auf ein Pfund gehen. Sie soll einen stündlichen Consum von 120 englischen Grains = 7,78 g haben. Die Flammenhöhe während der Messungen beträgt $1^3/_4$ Zoll engl. = 44,5 mm.

Die Kerze des Vereins der Gas- und Wasserfachmänner ist aus Paraffin hergestellt. Nach den Versuchen von Rüdorff (Journal f. Gasbeleuchtung. 1869. S. 577) zeigt diese Kerze jedoch eine nicht genügende Constanz der Lichtstärke; nur die Wallrath- und Stearinkerzen genügen in dieser Hinsicht.

---

1) Coglievina, Centigradphotometer. 1880. S. 1.

Auch das Licht von Oellampen wird als Normallicht benutzt. Es kommt hier wohl nur die in Paris gebrauchte, mit Rüböl gespeiste „Carcellampe" von bestimmter Form in Betracht. Selbe ist käuflich zu beziehen und besser als eine Normalkerze. — Hierher gehört auch Keates' Wallrathöl-Lampe von constantem Niveau[1]).

Vergleicht man die angeführten Normalflammen in Bezug auf ihre Leuchtkraft, so ist das Licht von 1000 Wallrathkerzen gleichwerthig mit dem von 1023 Vereinskerzen von 104 Pariser Carcellampen[2]).

C) Bunsen und Roscoë's Normalflamme mit Kohlenoxyd.

Die Normalflamme mit Kohlenoxyd von Bunsen und Roscoë ist eine vollkommen constante Lichtquelle.

Bunsen und Roscoë wählten beim Chlorknallgas-Photometer als Normalflamme eine in atmosphärischer Luft verbrennende Kohlenoxydflamme, die auf einer kreisrunden, 7 mm im Durchmesser haltenden Oeffnung eines Platinbrenners brennt und deren Gaszufluss durch eine verschwindend kleine Druckdifferenz bewirkt wird und 5 ccm von 0 Grad C. bei 760 mm Druck in der Secunde beträgt[3]). Hierzu wurde constatirt, dass mit dem Zuwachs des zuströmenden Gases der Zuwachs der von der Flamme ausgeübten chemischen Wirkung proportional ist, wenigstens innerhalb der Grenze von 3 bis 6 ccm pro Secunde. Mittels dieser Normalflamme wurden zunächst die Angaben verschiedener Instrumente auf ein und dieselbe Lichteinheit reducirt und untereinander vergleichbar gemacht. Als chemische Lichteinheit wurde diejenige chemische Wirkung angenommen, welche die Normalflamme bei 1 m Entfernung in einer Minute ausübt. Zehntausend Lichteinheiten geben einen Lichtgrad. Wo es sich darum handelt, die in einer gewissen Zeit auf ein Flächenelement auffallende Lichtmenge in absolutem Masse auszudrücken, fanden sie es am zweckmässigsten die photochemische Wirkung in Höhen einer Salzsäureschicht anzugeben, welche über der bestrahlten Fläche erzeugt sein würde, wenn das auffallende Licht eine unendlich grosse Chlorknallgasschicht parallel durchstrahlt hatte. Sie nannten der Kürze wegen diese in Metern gemessene Höhe „Lichtmeter".

Flammen von gewöhnlichen Lampen verwarfen Bunsen und Roscoë, weil sie Schwankungen ihrer optischen und chemischen Helligkeit zeigen, ebenso wie durch den elektrischen Strom glühend gemachte Metalldrähte[4]).

Trotz der vollkommen constanten Intensität der Kohlenoxydflamme ist dieses Normallicht (ausser zu den Untersuchungen von Bunsen und Roscoë) kaum in Verwendung gekommen, weil seine Herstellung umständlich und zeitraubend ist und die blassblaue Flamme fast keine rothen und gelben Strahlen aussendet und dadurch z. B. zur Prüfung orthochromatischer Platten unverwendbar ist.

D) Leuchtgasflammen als Normallicht.

Für practische photographische Arbeiten, bei denen man ein Normallicht nöthig hat (z. B. Vergleichung der Empfindlichkeit photographischer Platten), ist das Kohlenoxyd-Normallicht zu umständlich und Verfasser empfiehlt folgenden Weg:

---

1) Fortschr. d Physik. 1869. S. 356.

2) Schilling's Handbuch f. Steinkohlengasbeleuchtung. 3. Aufl. S. 214.

3) Die genaue Beschreibung dieses Brenners s. Poggend. Annal. 1859 Bd. 108. S. 193. (Auch Pizzighelli, Actinometrie. 1884. W. Knapp in Halle a. S.)

4) Poggend. Annal. 1859. Bd. 108, S. 194.

Man lasse Leuchtgas (Steinkohlengas) aus einem Rohr[1]) von 1 mm Oeffnung ausströmen, entzünde es und regulire den Gaszutritt derartig, dass die Flammenhöhe 68,4 mm beträgt. Bei diesem Licht exponire man die photographischen Platten unter irgend einem Scalenphotometer etc., dessen Grade bekannte Werthe haben (z. B. Vogel's Photometer), in einer Distanz von 1 m durch eine bestimmte Zeit (Bromsilbergelatine $^1/_4$ bis 1 Minute). Dann wird die Platte mit dem Entwickler behandelt.

Die Intensität der Flamme eines Leuchtgas-Einlochbrenners von bestimmter Höhe ist, wie Giroud zeigte[2]), constant, selbst dann, wenn die Leuchtkraft des Gases um 15 Proc. auf- und abschwankt. Die Leuchtkraft eines Einlochbrenners von 67,5 mm Flammenhöhe ist gleich $^1/_{10}$ Carcellampe = 0,96 Wallrathkerzen = 0,983 deutschen Vereinskerzen; beträgt die Flammenhöhe 68,4 mm, so ist die Leuchtkraft = 1,00 engl. Wallrathkerzen.

Verfasser hat Versuche mit diesem Brenner gemacht und in der That während der Beobachtungszeit von mehreren Stunden genügend constante Resultate erhalten.

E) Magnesium als Normallicht.

Nicol schlug vor, ein Quantum eines Gemisches von gepulvertem Magnesium und Salpeter zu verbrennen; bei gleichen Mengen entwickelt sich stets gleich viel Licht. Es brennt in einem Momente ab und ist angeblich leicht von constanter Qualität zu erhalten[3]). Dass diese letzte Voraussetzung irrthümlich ist, zeigte Wilson, welcher aufmerksam machte, dass der Grad der Feinheit des Pulvers, seiner Mischung, die Feuchtigkeit der Luft, die Temperatur eine Rolle spielt.

Wenn man jedoch ein genau gewogenes Quantum ganz reines Magnesiumband in einer bestimmten Distanz vor der zu prüfenden, unter einem Sensitometer befindlichen Platte verbrennt, erhält man ein genügend constantes Licht.

Das vom Verfasser untersuchte Magnesium des Handels war genügend rein, namentlich zink- und eisenfrei, gibt demnach constante Resultate.

Es muss jedoch ausdrücklich bemerkt werden, dass die Lichtintensitäten verschiedener Gewichtsmengen verbrannten Magnesiumdrahtes keineswegs proportional der Menge des verbrannten Magnesiumdrahtes sind. Die sich bildende Wolke von Magnesia verhüllt nämlich theilweise die Flamme und das umsomehr, je länger die Verbrennung andauert[4]).

Vollkommen zuverlässige Resultate dagegen erhält man, wenn man gleiche Gewichtsmengen gleichmässig dicken Magnesiumdrahtes verbrennt.

F) Phosphorescirende Substanzen als Normallicht.

Als Normallicht, bei welchem die zu prüfenden Platten exponirt werden sollen, schlug Warnerke eine mit phosphorescirender Farbe bestrichene Platte vor, welche

---

1) Messingrohr mit Platinspitze

2) Giroud, Journal für Gasbeleuchtung. 1880. S. 700. Er fand weiter, dass bei gleichem Gas und gleicher Brenneröffnung die Flammenhöhe des Einlochbrenners direct proportional dem Consum ist; ferner, dass für verschiedenes Leuchtgas und gleiche Flammenhöhe der Consum im umgekehrten Verhältnisse zur Leuchtkraft des Gases steht. — Auf einem ähnlichen Principe construirte Lowe (Schilling's Handbuch für Steinkohlengasbeleuchtung. 3. Aufl. S. 219) seine vielfach angewandte Photometer-Methode.

3) Phot. Wochenbl. 1881. S. 140 aus Brit. Journ. Phot. 1881. S. 182.

4) Dies zeigen besonders Versuche von Dr. Stolze, Phot. Wochenbl. 1883. S. 155.

durch Bestrahlen von 1 Zoll Magnesiumband leuchtend gemacht wurde. Die phosphorescirende Platte wird 1 Minute nach der Bestrahlung auf das Sensitometer gelegt, unter welchem sich die Probeplatte befindet. Temperaturunterschiede von — 14 bis +17 Grad C. sollen ohne Einfluss sein; grössere Mengen Magnesiumband ändern das Resultat nicht, indem obiges Quantum schon die äusserste Intensität gibt.

Die Absicht, dadurch ein Normallicht zu gewinnen, ist aber nicht erreicht, schon deshalb, weil die phosphorescirenden Farben enorm in ihren Eigenschaften differiren.

Trotzdem wird eine blau phosphorescirende Tafel im Warnerke-Sensitometer (s. dieses) als Normallicht verwendet und es erscheint dasselbe für mässige Anforderungen der photographischen Praxis hinlänglich genau.

G) Verschiedene Mass-Einheiten der Actinometrie.

Für jene Photometer, welche darauf beruhen, dass Chlorsilberpapier einen bestimmten Färbungsgrad annimmt, wird der Normalpunkt meist mehr oder weniger willkürlich gewählt. Bunsen und Roscoë nahmen als Normalfarbe ein Gemisch von 1000 Theilen Zinkoxyd und 1 Theil Lampenruss und nahmen als Einheit diejenige Lichtstärke an, welche in einer Secunde auf dem photographischen Normalpapier die Normalschwärze hervorbringt. Vidal zog vor, die Farbentöne zu wählen, welche entstehen, wenn man Chlorsilberpapier durch 5, 10, 15 Secunden etc. in den Sonnenstrahlen eines klaren Sommertages zwischen 11 und 1 Uhr exponirt; was aber weniger constant ist.

Lipowitz nahm für sein Eisenoxalat-Photometer als Massstab einer Lichtwirkung diejenige Menge Flüssigkeit an, welche beim Licht einer Stearinkerze, 6 Stück auf das Pfund, 11 Zoll lang, in einer Stunde abfliesst. Dieses Mass nennt er, wie schon Herschel bei seinem Actinometer gethan, eine Actine[1]).

Marchand mass die aus seiner Eisenlösung ausgeschiedenen Cubikcentimeter Kohlensäure, welche bei 5 oder 10 qcm Oberfläche ausgeschieden waren.

Der Verfasser bezog die Lichtwirkung auf die aus seinem Quecksilber-Oxalat-Photometer ausgeschiedenen Milligramme Quecksilber-Chlorür, sobald die dem Lichte dargebotene horizontale Oberfläche einen Quadratcentimeter Fläche hatte.

III. Versuch, optische Photometer photographisch zu verwerthen.

Es wurde an mehreren Stellen dieses Werkes darauf hingewiesen, dass die chemische Intensität des Lichtes nicht mit der optischen Helligkeit parallel läuft.

Um die optischen Photometer zur Messung der Intensität der chemisch wirksamen Strahlen verwendbar zu machen, schlug Draper vor[2]), das in irgend ein optisches Photometer[3]) fallende Licht durch ammoniakalische Kupfersulfatlösung fallen zu lassen und dann die Intensität des blauen Lichtes mit dem Auge zu schätzen. Die blaue Lösung

---

1) Kreutzer, Zeitschr. f. Photogr. 1860. Bd. I, S. 188.

2) Revue Photographique. 1863. S. 39. aus American Journal of Photogr.

3) D. i. ein solches, bei dem die Helligkeit mittels des Auges abgeschätzt wird. Beim Bunsen'schen z. B. wird ein Papierschirm mit einem Fettfleck zwischen die zu vergleichenden Lichtquellen geschoben, bis der Fleck von beiden Seiten gleichviel Licht erhält und deshalb unsichtbar wird oder gleich hell erscheint.

lässt nur die vorzugsweise chemisch wirkenden, nicht aber die optisch hellsten Strahlen (Roth, Gelb) durch.

Hierher gehört auch Husnik's Photometer, bei welchem in einem Kasten ein schwarzer Fleck auf ultramarinblauem Grunde sich befindet. Man schiebt nun den Deckel des Kastens so weit zu, dass der Fleck verschwindet[1]). Jedoch ist dieses Photometer sehr unsicher, weil das Auge für diese Erscheinung eine sehr schwankende Empfindlichkeit besitzt.

Sehr viele der in letzter Zeit in den Handel gekommenen sogenannten Photometer für photographische Zwecke (Expositionsmesser, s. u.) sind gar keine Instrumente, welche die chemische Intensität messen, sondern mit ihnen kann nur die optische Helligkeit bestimmt werden. Sie sind also eigentlich im Principe falsch. Als Beispiel eines solchen Photometers sei das von Ducoudun (s. u.) herausgegriffen. Bei demselben wird das Bild auf der matten Scheibe durch eine halbdurchsichtige Schicht betrachtet, deren Undurchsichtigkeit in einer Reihe von Abstufungen zunimmt. Je heller das Bild auf der matten Scheibe ist, eine um so weniger lichtdurchlassende Schicht kann man vor das Auge bringen, um das Bild auf der matten Scheibe nicht mehr zu erkennen. Hieraus wird dann ein Schluss auf die Expositionszeit gemacht.

Es ist klar, dass hier nur die optische Helligkeit des Bildes auf der matten Scheibe gemessen wird, weil die optische Durchlässigkeit der halbdurchsichtigen Schicht als Mass genommen wird. Wenn, wie schon hervorgehoben, diese Methode principiell falsch ist, so darf man diese Methode für die Praxis nicht ganz verwerfen, sondern muss zugeben, dass solche Photometer für eine Reihe von Fällen brauchbare Resultate ergeben können (Dr. Krüss), sobald es sich nur um die Helligkeitsmessung des gewöhnlichen Tageslichtes handelt.

Ueber die Expositionsmesser von Ducoudun und Goerz s. weiter unten.

IV. Photometer mit Chlorgas und Wasserstoffgas oder Kohlenoxydgas.

Wie oben angegeben wurde (S. 72 u. 158), verbindet sich ein Gemisch von Chlor und Wasserstoff langsam im zerstreuten und mit Explosion im directen Sonnenlichte, indem sich Chlorwasserstoffsäure bildet, die bekanntlich im Wasser äusserst löslich ist. Wenn man nun gleiche Raumtheile Chlor und Wasserstoff mit etwas Wasser in ein Glasrohr bringt, kann die Menge von Chlorwasserstoffsäure, welche sich in einer

1) Phot. Mittheil. 1870. Bd. 7, S. 217.

gegebenen Zeit bildet und im Wasser löst, als Vergleichungsmassstab für die verschiedenen Lichtquellen dienen.

Draper hatte schon im December 1843 in seinem Photometer (von ihm Tithonometer genannt) die Volumverminderung, welche das Gemenge von Chlor und Wasserstoff unter einer absorbirenden Flüssigkeit durch Bestrahlung erfährt, als Mass der chemischen Lichtwirksamkeit angewendet. Sein Verfahren war aber ungenau, weil er während des Versuches den Druck nicht constant erhielt, auch die absorbirende Flüssigkeit vor dem Beginn der Messung nicht mit dem Gasgemenge von constantem Mengungsverhältniss gesättigt hatte; aus beiden Gründen musste die Menge des verschluckten Gases, abgesehen von der durch Salzsäurebildung bedingten Absorption, Schwankungen

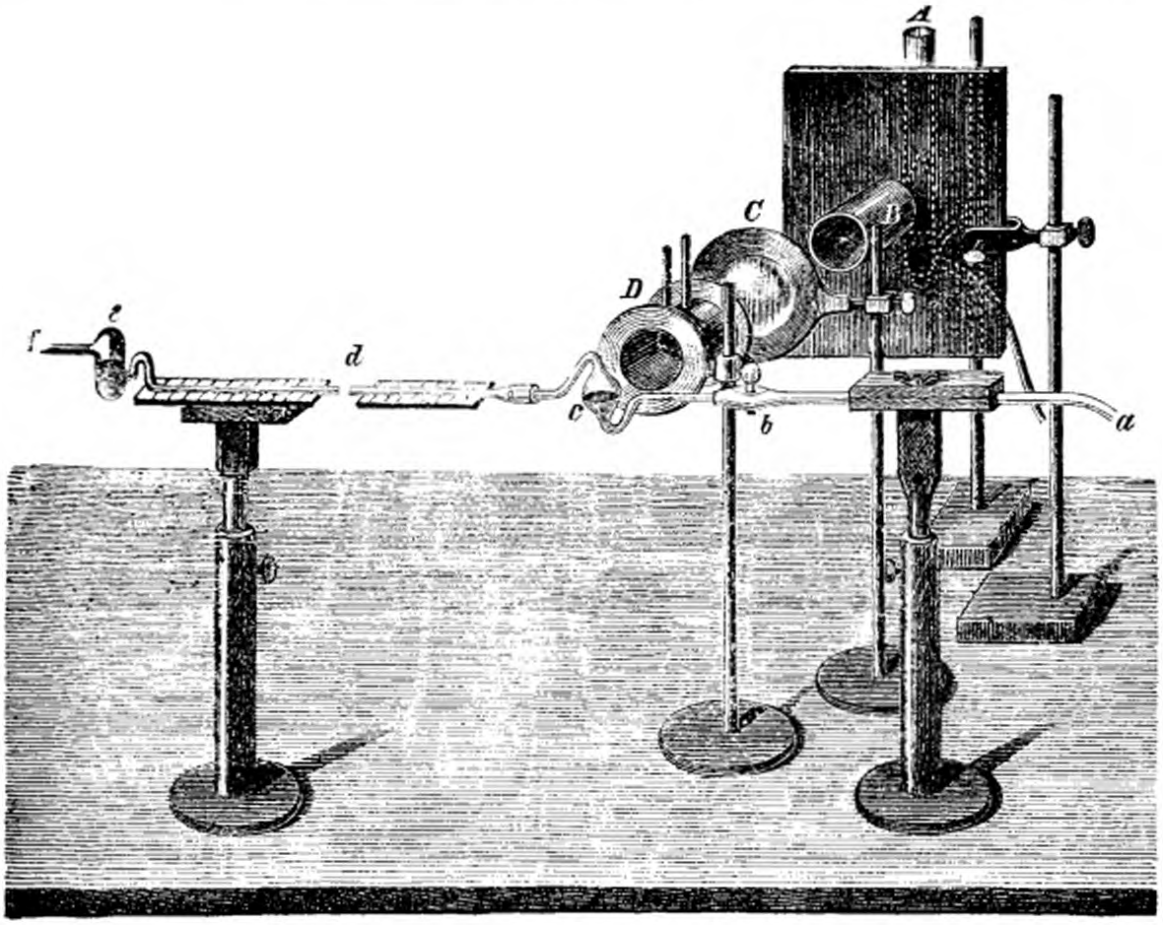


Fig. 70. Bunsen und Roscoë's Chlorknallgas-Photometer.

erleiden, die Volumveränderung des freien Gases durfte also als ein genaues Mass der chemischen Lichtwirkung nicht betrachtet werden[1]).

Bunsen und Roscoë erkannten, dass das Draper'sche Tithonometer in der ursprünglichen Form kein wirkliches Messinstrument sei, dass es aber sehr verbesserungsfähig sei. Sie suchten ein Gasgemenge von gleichem Volumen Chlor und Wasserstoff und von constanter Zusammensetzung zu erhalten und erreichten dies durch Elektrolyse von verdünnter Salzsäure. Nach tagelangem Durchströmen fanden sie, dass die Sperrflüssigkeit ganz mit dem Gasgemisch gesättigt ist. Nun konnten sie durch einen Hahn den ferneren Zufluss absperren und aus der Volumverminderung des bestrahlten Gasgemenges die chemische Lichtintensität bestimmen. Die Angaben des

1) Philos. Magaz. 1843. Bd. 23, S. 401.

Instrumentes blieben bei atmosphärischen Temperaturen zwischen 18 Grad und 26 Grad innerhalb der Grenzen möglicher Beobachtungszahlen constant.

Das Wesentliche der Einrichtung des Bunsen-Roscoë'schen Apparates wird durch Fig. 70 verdeutlicht[1]). Die Einwirkung des Lichtes auf die Mischung von Chlorgas und Wasserstoffgas findet in dem Glasgefässe *c* (dem Insolationsgefässe) statt, welches etwa 2 bis 3 ccm Wasser enthält und, soweit das Wasser in ihm reicht, von Aussen geschwärzt wird. Das Insolationsgefäss steht nach der einen Seite mit einem horizontalen Scalenrohr *d* und einem Gefässe *e*, worin sich Wasser zum Zweck der Absperrung des Scalenrohrs befindet, in Verbindung, andererseits mit einem Apparat, welcher jene Gasmischung rein entwickelt (durch Electrolyse angemessen concentrirter Salzsäure mit den nöthigen Vorsichtsmassregeln; alle Zusammenfügungen der verschiedenen Theile des Apparats mittels Kautschuk oder anderer Materialien, welche auf die Zusammensetzung der Gasmischung einen ändernden Einfluss ausüben könnten, müssen ausgeschlossen sein). Wenn diese Gasmischung, bei *a* ein- und bei *f* austretend, sehr lange Zeit durch den Apparat geleitet wurde, so dass alle im Apparat enthaltene Luft vollständig ausgetrieben ist, wird der Glashahn *b* geschlossen; die Flüssigkeit im Insolationsgefässe *c* und die Sperrflüssigkeit in *e* sind dann mit der Gasmischung gesättigt und üben auf die in *c* befindliche Gasmischung keinen absorbirenden noch einen die Zusammensetzung derselben ändernden Einfluss aus. Fällt nun Licht auf das Insolationsgefäss *c*, so wird nach Massgabe der chemischen Wirksamkeit des auffallenden Lichtes Chlorwasserstoff gebildet, welches von der Flüssigkeit in *c* sogleich absorbirt wird, was an dem Vorrücken der Sperrflüssigkeit in der Scalenröhre d (von e nach *c* hin) gemessen wird; das Raumverhältniss eines Scalentheils der Röhre *d* zu dem von der Gasmischung erfüllten Raume ist bekannt. Da der Apparat auch als empfindliches Luftthermometer wirkt, ist jede Erwärmung des Gefässes *c*, namentlich auch von Seiten der Lichtquelle, zu vermeiden; das z. B. von der Flamme einer constant brennenden Gaslampe *A*, die hinter einem Schirme steht, durch die in diesen Schirm eingesetzte Röhre *B* kommende Licht geht deshalb, nachdem es durch die Convexlinse *C* gegangen, durch den mit Wasser gefüllten, mittels Glasplatten geschlossenen Cylinder *D*, damit hier die von der Lichtquelle ausgehende strahlende Wärme absorbirt werde. Uebrigens war bei den Messungen Bunsen und Roscoë's das Insolationsgefäss *c* gegen die Lichtquelle hin noch durch einen blanken doppelten Metallschirm, welcher dem Licht durch zwei farblose Glimmerblättchen Zutritt zu *c* gestattete, und gegen alle anderen Seiten hin ebenfalls durch Umgeben mit nach Aussen blankem Metall vor der Einwirkung von Aussen kommender Wärme geschützt.

Mittels eines solchen Apparates lassen sich genaue photochemische Messungen vornehmen, doch nur, wenn die Mischung aus gleichen Volumen Chlor- und Wasserstoffgas ganz rein in ihm enthalten und jede Spur eines fremden Gases aus ihm weggeschafft ist. Als Lichtquelle, deren chemische Wirkung untersucht wurde, wendeten Bunsen und Roscoë zunächst das Licht an, welches von dem leuchtendsten Flammenmantel einer stets auf gleicher Höhe erhaltenen Leuchtgasflamme durch eine constante Oeffnung eines Schirmes hindurchging. Es geht unter dem Einflusse solchen Lichtes die Bildung von Chlorwasserstoff und die mit der Absorption des letzteren verbundene Volumverminderung zuerst nur langsam vor sich; die Wirkung steigert sich allmählich und wird später constant, sofern dann die weitere Chlorwasserstoffbildung der Zeit der Lichteinwirkung proportional ist (die alsdann vom Apparat gelieferten Angaben sind allein als Mass der chemischen Wirkungen brauchbar). Diese allmähliche Verringerung

1) Buff's Physikalische Chemie. 1863. S. 424.

des ursprünglichen Widerstandes der beiden Gase gegen ihre Vereinigung ist als photochemische Induction bezeichnet worden (s. S. 158 und 291). Wird später, nach constant gewordener Wirkung, die Einwirkung des Lichtes plötzlich unterbrochen, so findet noch während kurzer Zeit eine Volumverminderung des im Isolationsgefässe enthaltenen Gases statt, welche indessen nicht auf einer Fortdauer der Vereinigung von Chlor mit Wasserstoff, sondern auf der Abkühlung beruht, welche nach dem Aufhören dieser, von Wärmeentwicklung begleiteten, Vereinigung eintreten muss. Es wurde aber auch nachgewiesen, dass die Wärmeentwicklung, welche diese Vereinigung begleitet, keinen bemerkbaren Einfluss auf die Verbindungsfähigkeit des Chlors und des Wasserstoffs ausübt, und mithin auch keinen auf die Vergleichbarkeit der durch den hier beschriebenen Apparat gelieferten Angaben, wenn sich einige Zeit nach Beginn der Wirkung der Wärmeentwicklung im Innern des Insolationsgefässes und die Wärmeabgabe nach Aussen ins Gleichgewicht gesetzt haben.

Von den farbigen Strahlen wirkt besonders das blauviolette und ultraviolette Licht stark ein (vergl. auch Seite 75 u. 158). In dem beiliegenden Diagramm (Fig. 71) gibt

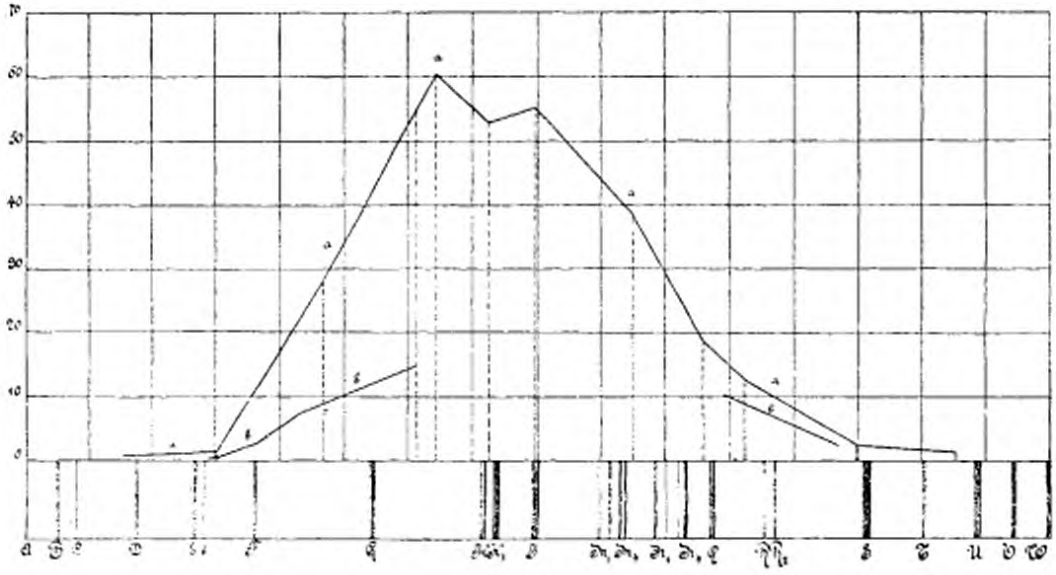


Fig. 71.

die Linie *a a a a* eine graphische Darstellung der relativen chemischen Wirkung, welche die einzelnen Stellen des Spectrums des nur durch Luft und Quarz hindurchgegangenen Sonnenlichtes in völlig reinem Chlorknallgas hervorbringt. Man sieht, dass die Wirkung mehrere Maxima hat, von denen das grösste bei $^1/_5$ *G H* bis *H*, und das darauffolgende bei *J* liegt und dass die Wirkung nach dem rothen Ende hin rascher und regelmässiger abnimmt als nach dem ultravioletten Ende hin.

Das Chlorknallgas-Photometer wurde von Bunsen und Roscoë später selbst aufgegeben, weil seine Anwendung sehr viele Vorsicht und Genauigkeit erfordert.

Da das von Draper, Bunsen und Roscoë angewendete Gasgemisch unter dem Einflusse von grellem Lichte sich nicht mehr ruhig, sondern unter starker Explosion und Zertrümmerung des Gefässes zersetzt, so ersetzte Burnett 1860 das Chlorgas-Wasserstoffgemisch durch ein Gemisch von Kohlenoxyd und Chlorgas, welches sich im Lichte ebenfalls rasch, aber ohne die Gefahr einer Explosion vereinigte, welche letztere Beobachtung schon Davy 1812 gemacht hatte (s. S. 79). Auch dieses Photometer kam nicht weiter zur Verwendung.

Dufour's Actinometer ist eine Modification des Chlorknallgas-Photometers. Es beruht im Wesentlichen darauf, dass man die Wirkung des Lichtes auf ein Gemisch

von Wasserstoff und Chlor durch die zersetzende Wirkung eines elektrischen Stromes auf Salzsäure balancirt und die Stärke des Stromes misst, die der Intensität des Lichtes direct proportional sein muss[1]). Das Instrument gleicht einem Rumford'schen Thermoskop; eine Glaskugel enthält zwei Elektroden aus Retortenkohle, oberhalb deren sich eine gewisse Quantität Salzsäure befindet und woraus das lichtempfindliche Gemisch von Chlor- und Wasserstoff entwickelt wird.

V. Photometer mit Chlorwasser oder Jodwasserstoffsäure.

Chlorwasser zersetzt sich im Lichte unter Bildung von Salzsäure und Freiwerden von Sauerstoff, wie Berthollet 1785 entdeckte[2]). Je länger oder intensiver das Licht wirkt, desto mehr schwindet das freie Chlor in der Lösung und desto mehr Gas entwickelt sich. Diesen regelmässigen Zusammenhang beobachtete Saussure 1790 und schlug vor, auf die Reaction ein chemisches Photometer zu construiren[3]), welche Idee dadurch zuerst ausgesprochen wurde.

Die Zersetzung im Tageslichte (Lampenlicht bewirkt keine Zersetzung) wollte Wittwer zur Messung der chemischen Wirksamkeit des Lichtes benutzen. Er benutzte Chlorwasser, welches 0.1 bis 0.4 Proc. Chlor enthielt und setzte es in Glasfläschchen von 1 Zoll Durchmesser dem Lichte aus. Die Menge des im Lichte nicht umgesetzten Chlors wurde durch Titriren einer mit Indigoblau gefärbten arsenigen Säure bestimmt. Die Intensität des Lichtes gibt die Gleichung $J = \frac{\log S - \log s}{t \cdot \log e}$, wo S die Stärke des Chlorwassers im Anfange, s die Stärke nach der Wirkungszeit t und als Einheit $1\,^0/_{00}$ Chlor im Wasser angenommen ist[4]).

Diese Methode der Photometrie ist nach den Angaben von Bunsen und Roscoë[5]) nicht zulässig, denn sie schliesse grosse Fehlerquellen in sich. Es sei nämlich die bei gleicher Beleuchtung gebildete Salzsäure der Stärke des Chlorwassers nicht proportional, ferner verändere die Gegenwart von entstandener Salzsäure im Chlorwasser die Einwirkung des Lichtes und setze einer ferneren Zersetzung des letzteren durch das Licht Grenzen. Es üben also die bei der photochemischen Zersetzung gebildeten Producte eine Rückwirkung auf die Grösse der ursprünglichen Verwandtschaft des Chlors aus, und ferner sei die wasserzersetzende Wirkung des Chlors weder der Dauer, noch der Intensität der Beleuchtung, noch der Stärke des Chlorwassers proportional. Bunsen und Roscoë gelangten zu dem Schlusse, dass es ein vergebliches Unter-

1) Philosoph. Magaz. Nov. 1860. Fortschr. der Phys. 1860. S. 267. The Phot. Journ. 1860. S. 44.

2) La monde de la science. 1881. Bd. 4, S. 34. Beibl. Annal. Phys. Chem. 1881. S. 522. Phot. News. 1881. S. 158. Phot. Wochenbl. 1881. S. 153. Pizzighelli, Actinometrie.

3) Eder, Geschichte der Photochemie. Phot. Corresp. 1881. S. 119.

4) Poggend. Annalen Bd. 94, S. 597. Fortschr. d. Phys. 1855. S. 341.

5) Poggend. Annalen. Bd. 96, S. 373. Fortschr. d. Phys. 1855. S. 349.

nehmen sein werde, das Gesetz der chemischen Wirkung des Lichtes aus der Insolation des Chlorwassers ableiten zu wollen.

Wittwer hat diese Kritik nicht ohne Antwort gelassen und bemerkt, dass die Gegenwart kleiner Mengen von Salzsäure die fernere Zersetzung des Wassers durch Chlor nicht hindere. Die Versuche von Bunsen und Roscoë, welche den Satz Wittwer's widerlegen sollten, dass bei gleicher Belichtung die gebildete Salzsäure der Stärke des Chlorwassers proportional sei, liegen, wie Wittwer nachweist, grösstentheils ausserhalb der Grenze des Chlorgehaltes (1 $^0/_{00}$ des Wassers), welche er als anwendbar bezeichnet hatte, die übrigen Versuche bestätigen aber die von ihm gezogenen Schlüsse, wenigstens innerhalb der von ihm selbst gezogenen Fehlergrenzen, so dass die Anwendbarkeit des Chlorwassers zur Intensitätsbestimmung des Lichtes wohl anwendbar erscheint[1]).

Im Jahre 1865 machte Wittwer[2]) die Einwirkung des Lichtes auf Chlorwasser zum Gegenstande neuer Mittheilungen. Er stellte sich zunächst die Frage zur Beantwortung, ob die Rückwirkung der während der Insolation des Chlorwassers gebildeten Salzsäure auf die weitere Chlorwasserzersetzung wirklich so bedeutend sei und so gänzlich unbestimmbaren Gesetzen gehorche, wie Bunsen behauptete, oder ob dieses nicht der Fall sei. Er setzte zu diesem Zwecke drei Glasröhren, die mit demselben Chlorwasser gefüllt waren, der Bestrahlung durch das Sonnenlicht aus; die eine ununterbrochen zwei Stunden lang, die andere je eine Stunde lang, so dass die Bestrahlung der einen begann, wenn die der anderen aufhörte. Er berechnete dann nach seiner Methode die Insolation für die ganze Zeitdauer aus den Aenderungen, die mit dem Chlorwasser vor sich gegangen waren, das die ganze Zeit hindurch im Lichte lag und ferner nahm er die Summe der Insolationen, die sich nach den Aenderungen berechneten, welche das Chlorwasser in den zwei, kürzere Zeit exponirten Röhren erlitt. Die Insolation, welche auf diese beiden Arten gefunden wurde, wich um 3.78 Proc. von dem Mittelwerthe der beiden Resultate ab. Dabei sind nur solche Versuche benutzt, bei denen die Bedingungen erfüllt sind, welche Wittwer als erforderlich für die Zulässigkeit seiner Methode angibt. Er spricht aus, die Grundlage der Aenderung, welche das Chlorwasser im Lichte erleidet, sei diese, dass die Menge des verschwindenden Chlors dem Producte aus der Stärke des Chlorwassers in die Stärke des Lichtes proportional sei, dass aber noch Nebenwirkungen eintreten, von denen eine die Absorption des Lichtes in die einzelnen Schichten des Chlorwassers sei. Die genaue Theorie des Vorganges bietet Schwierigkeiten und es scheint Wittwer daher am zweckmässigsten für die Correction, welche durch die Dicke der Chlorwasserschichten u. s. w. nöthig wird, die empirische Formel

1) Poggend. Annalen. 1855. Bd. 97, S. 304.

2) Ann. Chem. Pharm. Suppl. Bd. 4, S. 63. Jahrb. d. Chem. 1865. S. 94.

$$i = 1000 \left(\frac{d}{8}\right)^{3/4} \log \frac{S}{s} \cdot e^{0{,}1061\ (S\ +\ s)}$$

zu benutzen, in welcher d den Röhrendurchmesser in Pariser Linien, S und s die Stärke des Chlorwassers vor und nach der Insolation und e die Basis der natürlichen Logarithmen bedeutet. Die Summe der hiernach für hinreichend kurze Zeitabschnitte berechneten Insolationen ergibt dann die Insolation während einer längeren Zeit. Wittwer glaubt, aus der durch Insolation bewirkten Chlorwasserzersetzung müssten sich die Wärmeäquivalente des Lichtes berechnen lassen. Nach Favre und Silbermann entwickelt 1 g Wasserstoff bei seiner Verbindung mit Sauerstoff 34462 Wärmeeinheiten, bei seiner Verbindung mit Chlor 23783. Gehen in Folge der Lichtwirkung 1 g Wasserstoff von dem Sauerstoff des Wassers zum Chlor über, so müsste die dabei thätig gewesene Lichtmenge ein Aequivalent für (34463—23783) = 10679 Wärmeeinheiten sein. In einer Note bemerkt Wittwer noch, dass, wenn mit Hilfe des Lichtes in den Pflanzen Kohlenstoff reducirt wird, das Licht das Aequivalent für so viele Wärmeeinheiten sein müsse, als die entstandenen organischen Verbindungen bei dem Verbrennen entwickeln.

Leeds machte 1879 die erste Mittheilung, dass er die Jodausscheidung, welche eine angesäuerte Lösung eines Jodides im Lichte erleidet, zu einer photometrischen Methode benutzen wolle[1]). Er setzte der Jodidlösung Stärke zu, welche durch das freiwerdende Jod gebläut wurde; das Jod wurde dann mit Hyposulfit titrimetrisch bestimmt. Später bemerkte Leeds[2]), dass die Anwesenheit von Stärke die photochemische Zersetzung der Jodidlösung verzögert.

Eine bedeutende Beschleunigung und Vermehrung der Zersetzung der Jodide wurde andererseits herbeigeführt, wenn durch die Lösung Sauerstoff geleitet wurde, ein Vergleich mit Lösungen, zu denen der Sauerstoff nur an der Oberfläche Zutritt hatte. Da nun die Lösungen in verschiedenen Verhältnissen Sauerstoff aufgelöst enthalten, muss dieser Factor bei Jodsäure-Actinometern noch näher untersucht werden.

Um das Verhältniss der Zersetzung ein und derselben Jodverbindung durch verschiedene Säuren und verschiedene Jodide durch eine Säure festzustellen, wurden von Leeds Messungen ausgeführt mit Schwefelsäure und Salzsäure, und mit Jodcadmium, Jodkalium und Jodlithium.

Die Lösungen der verschiedenen Jodide wurden mit verschiedenen Säuren versetzt, dieselben dem Einfluss verschiedener Lichtquellen ausgesetzt und die Menge des frei gemachten Jodes bestimmt. (1 ccm der Lösung der Säuren entsprach stets 12,6 ccm einer normalen Natronlösung; die Jodidlösungen waren genau äquivalent einer 20 proc. Lösung von Jodkalium, und es wurden stets gleiche Volumina von Jodid und Säuren gemischt.) Zunächst ergab sich, dass ein Zusatz von Stärke die Menge des beim Bestrahlen frei werdenden Jod wesentlich vermindert. Die folgende Tabelle gibt einige Resultate, welche an einem schönen Tage in verschiedenen Zeiten (von je $^1/_2$ Stunde

1) Phot. News. 1879. S. 228.

2) Philosoph. Magaz. 1880. (5.) Bd. 10, S. 89. Chemic. News. Bd. 42, S. 147. Beibl. Annal. Phys. Chem. 1880. S. 730.

zu $^1/_2$ Stunde) erhalten wurden. Die Zahlen bedeuten die in $^1/_2$ Stunde ausgeschiedenen Jodmengen.

Die Wirkung von H_2SO_4 : HCl verhält sich demnach im Mittel wie 1 : 1,47. Die von zwei Säuren aus verschiedenen Salzen frei gemachten Jodmengen stehen demnach in einem constanten Verhältniss. Für verschiedene Jodide und eine Säure ergab sich dagegen kein constantes Verhältniss.

Zeit-Angabe	$9^1/_2$-10	10-$10^1/_2$	$10^1/_2$-11	11-$11^1/_2$	$11^1/_2$-12	12-$12^1/_2$	$12^1/_2$-1	1-$1^1/_2$	Mittel
H_2SO_4 + KJ .	1,55	1,81	2,1	2,06	1,87	1,7	1,6	0,75	1,69
HCl + KJ . .	2,4	2,6	2,75	2,66	2,39	2,15	2,05	2,0	2,5
H_2SO_4 + CdJ_2	1,5	1,62	1,81	1,81	1,56	1,29	1,19	1,18	1,49
HCl + CdJ_2 .	2,4	2,35	2,63	2,68	2,09	1,79	1,79	1,75	2,18
H_2SO_4 + LiJ .	1,18	1,28	1,41	1,35	1,13	0,96	0,93	0,93	1,15
HCl + LiJ. .	1,83	1,9	2,03	2,0	1,56	1,25	1,58	1,4	1,69

Organische Säuren machen weit kleinere Jodmengen frei, Essigsäure so gut wie gar keines. Am wirksamsten erwies sich noch die Oxalsäure, obwohl auch sie verhältnissmässig schwach wirkte; fast unmerklich war die Einwirkung der Weinsäure innerhalb 3 Stunden.

Weiter verglich Leeds die Wirkungen von Sonnen-, elektrischem und Magnesiumlicht und fand folgende relative Werthe:

	Sonnenlicht	Elektrisches Licht	Magnesiumlicht
H_2SO_4 + KJ	2,70	10,0	0,084
HCl + KJ	4,00	24,0	0,87
H_2SO_4 + CdJ_2	2,04	9,5	0,072
HCl + CdJ_2	3,00	24,0	0,6
H_2SO_4 + LiJ	1,44	5,0	0
HCl + LiJ	2,40	15,0	0,3

Der Einfluss verschieden farbiger Gläser auf das durchfallende Licht wird durch folgende Tabelle illustrirt:

		Sonnenlicht	Elektrisches Licht
Blaues Glas	H_2SO_4 + KJ	0,74	1,80
	HCl + KJ	1,12	6,75
Gelbes "	H_2SO_4 + KJ	0,11	0,00
	HCl + KJ	2,25	0.125
Rothes "	H_2SO_4 + KJ	0.28	0,60
	HCl + KJ	0,56	2,25.

Smith empfahl[1]) zum Messen des Actinismus des Sonnen- und Tageslichtes eine 1 bis 2procentige Jodkaliumlösung, welche mit etwas verdünnter Salpetersäure (von einem Säuregehalt, welcher 1 Proc. SO_3 entsprach) versetzt war[2]). Diese Lösung

1) Phot. News. 1880. S. 293. Chemic. News. Bd. 41, S. 211, aus den Berichten der Royal Society (s. Nature).

2) *Z. B.: 50 ccm Jodkaliumlösung + 0,8 ccm Salpetersäure.*

scheidet im Lichte Jod aus, welches leicht quantitativ durch Titriren mit Hyposulfit bestimmt werden kann. Es schied sich z. B. im März in der Sonne aus 15 ccm in $2^1/_2$ Stunden 0,0008 g Jod aus, bei schlechtem, nassen Wetter nur eine Spur bis 0,00006 g, jedoch wurde auch die Lösung im Finstern allmählich zersetzt und zwar ungefähr 100 mal langsamer, was Smith vernachlässigt. Durch Ansäuern mit Schwefelsäure werden Lösungen erhalten, welche im Finstern beständiger sind. Durch Vermehrung des Säurezusatzes wird die Zersetzung im Lichte (aber auch die im Dunkeln) beschleunigt. Wärme unterstützt die Lichtwirkung; sie übt weniger Einfluss, wenn die Lösung verdünnt ist.

VI. Photometer mit oxalsauren Eisenoxyd- oder Uranoxydsalzen oder analogen Gemischen.

Vielfach sind Photometer auf die Erscheinung gegründet worden, dass oxalsaures Eisenoxyd, oder oxalsaures Uranoxyd, oder Gemische von Eisenchlorid oder salpetersaurem Uranoxyd mit Oxalsäure im Lichte Oxydulsalz bilden, indem zugleich die Oxalsäure oxydirt und Kohlensäure gasförmig ausgeschieden wird. Man misst nun entweder das entweichende Gas (Burnett 1858, Niepce 1859, Woods 1860, Marchand 1873, Monckhoven 1879), oder bestimmt das entstandene Oxydulsalz auf analytischem Wege (J. C. Draper 1857), oder ermittelt den Gewichtsverlust, der durch die entweichende Kohlensäure bedingt ist (H. W. Draper, Burnett). Leider wurde fast überall vernachlässigt, dass mit der Erschöpfung der Lösung im Lichte die Gasentwickelung geringer wird, dass Wärme die Gasentwickelung beschleunigt und dass die Flüssigkeit von beiden Factoren abhängende variable Mengen von Kohlensäure absorbirt.

A) Methoden, bei welchen das entweichende Kohlensäuregas gemessen wird.

Am häufigsten suchte man das aus lichtempfindlichen Lösungen entweichende Gas zu messen, weil dieser Vorgang der leichteste und am raschesten zum Ziele führende ist und ausserdem gestattet, die in einer bestimmten Zeit ausgeübte Lichtwirkung jeden Augenblick ablesen zu können.

Niepce de St. Victor empfahl 1859[1]) ein Gemisch von Urannitrat und Oxalsäure in einer mit Steigerohr versehenen Flasche dem Lichte zu exponiren und die in Folge der Lichtwirkung entweichende Kohlensäure in dem Steigerohre zu messen (Fig. 72).

Ganz desselben Apparates bediente sich Monckhoven 1879[2]). Er nahm eine Flasche, welche etwa 250 ccm fasste, füllte sie mit Lösung von oxalsaurem Uranoxydammoniak[3]) ganz voll an und verschloss den Hals mittels eines Kautschukpfropfens.

1) Cosmos. 1859. Bd. 2, S. 341.

2) Phot. Corresp. 1879. S. 176. Phot. Mitth. Bd. 16, S. 129.

3) Die Flüssigkeit wird in folgender Weise hergestellt: 50 g kohlensaures Uranoxydammoniak werden in 30 g Oxalsäure und 200 ccm Wasser gelöst, filtrirt und in der Flasche mit Wasser auf 250 ccm verdünnt.

der eine Glasröhre von 30 cm Länge trug; der Durchmesser des Rohres B betrug nur 1 mm, wenn das Photometer im Atelier (bei Negativaufnahmen) verwendet werden sollte, jedoch 4 mm, wenn es zum Pigmentverfahren dienen sollte. Durch die im Innern des Gefässes erfolgende Gasentwickelung wird die Flüssigkeit in weniger als einer Minute merklich im Rohre in die Höhe getrieben. — Auch 1 g Magnesiumdraht bewirkt nach H. W. Vogel[1]) schon das Steigen der Flüssigkeitssäule um einige Millimeter.

Woods richtete 1860 ein ganz ähnliches Photometer wie Niepce ein[2]), nur mit dem Unterschiede, dass statt der Uranlösung, die schon von Draper benutzte Lösung von Ferridoxalat angewendet und dem viereckigen Entwickelungsfläschchen A ausser der Steigeröhre B ein Thermometer und ein beliebig zu öffnendes Austrittsrohr D für das entbundene Gas beigegeben ward (Fig. 73). Die lichtempfindliche Flüssigkeit stellte er durch Oxydiren von 1043 Theilen Eisenvitriol mit Salpetersäure (140 Theilen) und Schwefelsäure (180 Theilen), Fällen von Eisenoxyd mit Ammoniak und Lösen des gewaschenen Niederschlages in 720 Theilen Oxalsäure und 9600 Theilen Wasser her. Dies gab eine Lösung von oxalsaurem Eisenoxyd von ungefähr 7 Proc. Durch 15 Minuten langes Aussetzen ans Licht oder Zusatz von ein wenig Kaliumcarbonat sättigte er die Flüssigkeit mit Kohlensäure. Bei genauen Versuchen bedeckte er das Instrument und liess nur 1 bis 2 Quadratzoll der Flasche frei. Woods machte auf den grossen Einfluss der Temperatur aufmerksam, gab aber keine Correctionstabellen hierfür an; deshalb, sowie wegen mangelnder Concentrations-Correction sind alle drei genannten Apparate ungenau.

Fig. 72. Niepce's Photometer.

Das Lipowitz'sche Actinometer wurde im Anschluss an Woods' Apparat construirt[3]). Es zeigt (Fig. 74) zwei Flaschen, aa'; in der mit a' bezeichneten befindet sich eine Lösung von saurem oxalsauren Eisenoxyd in Wasser von 1,08 bis 1.1 specifischem Gewicht. Zwischen diesen Grenzen der Concentration beobachtete Lipowitz keine wesentlich geringe oder grössere Zersetzung der Lösung in einem Lichte von gleicher Intensität. Es ist nur nöthig, vor Beginn der Beobachtung diese Flasche *dem Lichte so lange auszusetzen*, bis die in derselben enthaltene Flüssigkeit mit der durch die Zersetzung derselben entstehende Kohlensäure gesättigt ist. In jeder Flasche befindet sich seitwärts am Boden eine Oeffnung, in welcher die heberförmig gebogenen, an beiden Enden offenen Glasröhren bb' mit einem Kork eingepasst sind. Die kürzeren Schenkel dieser Röhren stehen frei über je einem in $^1/_{10}$ ccm eingetheilten Cylinder d. Beide Flaschen sind auf einem Brettchen e in Messinghaltern ff festgestellt, so dass sie, wenn das Brettchen mittels der Schraube auf dem Messingfuss g nach der einen Seite geneigt ist, nicht herabfallen. — Die zweite Flasche ist mit einer vom Lichte nicht zersetzbaren Flüssigkeit von gleicher Farbenintensität und Durchscheinenheit gefüllt (z. B. irgend eine Eisenoxydlösung). Der Apparat erhält stets die Stellung, dass die Lichtstrahlen auf die geraden Flächen der Flaschen bei den täglichen Beobachtungen unter dem Winkel auffallen, welchen für jeden Ort die Strahlen beim niedrigsten Stande der Sonne haben.

1) Phot. Mitth. Bd. 16, S. 163.

2) Kreutzer, Zeitschr. 1860. Bd. 1, S. 58, aus Journ. Phot. Soc. London. Bd. 6, Seite 135.

3) Kreutzer, Zeitschr. f. Phot. 1860. Bd. 1, S. 188.

Durch eine Vorrichtung, wie Fig. 75 uns zeigt, wird dies leicht erreicht. Zwischen den inneren Armen der Flaschenhalter *ff* ist horizontal ein Faden *h* eingespannt, welcher seinen Schatten auf den markirten Strich der kleinen Rückwand werfen muss, wenn der Apparat in der verlangten Stellung sich befinden soll. Auf jeder Flasche befindet sich eine kleine weiss beklebte Papphaube, welche bei Beobachtungen in der Sonne etwa den vierten oberen Theil vor zu starker Erwärmung und dadurch erfolgender Ausdehnung der Luft zu schützen hat. Beim Gebrauche wird in den Cylinder links nur so viel von der neutralen Flüssigkeit der Flasche *a* abtropfen, als sich der Inhalt derselben durch etwaige starke Erwärmung ausgedehnt hat. Dieses Quantum ist stets von dem aus der Flasche *a'* Geflossenen abzuziehen. Die Differenz der Inhalte beider Cylinder gibt somit den eigentlichen Lichteffect an.

Burnett hatte ein ähnliches Photometer, wie Woods construirt. Er machte gegenüber Woods sein Recht der Priorität geltend, indem er schon in der Liverpooler photographischen Zeitschrift vom 15. December 1858 den Abriss seines Photometers gegeben hatte, wo der Grundsatz der Messung des im Lichte aus oxalsauren Eisenoxyd- oder Uranoxydsalzen Kohlensäuregases angeführt ist. Er zog aber vor, nicht die empfindliche Flüssigkeit selbst zum Anzeigen zu verwenden, sondern durch das entweichende Gas einer Oel- oder Quecksilbersäule in einem getrennten Gefässe zu heben. Der Apparat kann die Form wie Fig. 76 haben, wo das aus *A* entweichende Gas die Flüssigkeitssäule bei *D* senkrecht hebt, oder die Form wie Fig. 77, wo die Anzeigeröhre horizontal liegt, um den Druck der Flüssigkeit zu beseitigen, oder die Form wie Fig. 78. Auch das Ersetzen der Anzeigeflüssigkeit durch einen leichten Stempel, welcher etwas Oel über sich hat und sich in einer Röhre bewegt, fasste Burnett ins Auge.

Carey Lea füllte das Photometer mit gelöstem oxalsaurem Eisenoxydammoniak (Annuaire Photogr. 1868. S. 99); welches Salz sich aber nicht so regelmässig als die vorigen zersetzt (Eder).

Am vollkommensten in dieser Richtung ist Marchand's Photometer oder, wie er es nennt, „Photanitypimeter".

Bei dem „Photanitypimeter" wird ebenfalls das entweichende Gas separat gemessen[1]). Es besteht aus einer 90 bis 100 ccm fassenden Flasche (*AA'*) von weissem Glase (Fig. 79), welche mit einem schwarzen undurchsichtigen Firniss mit Ausnahme der runden Stelle (*X*) überzogen ist. Die freie durchlassende Stelle soll genau 5 oder 10 qcm Fläche haben; durch dieselbe dringt das Licht ein und wirkt auf die in der Flasche befindliche lichtempfindliche Mischung. Oder man wendet eine besonders geformte Flasche, wie sie Fig. *G* (*Z' g*) zeigt, an.

Vor dem Gebrauche wird die Flasche mit der Oxalsäure-Eisenchloridlösung ganz voll gefüllt und mit einem durchbohrten Pfropfen,

1) Marchand, Étude sur la force chimique continue dans la lumière du Soleil. Paris. 1875. Eine kurze Notiz erfolgte schon im November 1873 in den Annales de chim. et phys. Die für die Academie bestimmte ausführliche Abhandlung wurde Becquerel zur Berichterstattung zugewiesen, welcher aber die höchst interessante Arbeit fast zwei Jahre liegen liess, worauf sie Marchand separat veröffentlichte (s. die Vorrede zum erwähnten Werk).

der das geschwärzte Gasentbindungsrohr (BB') trägt, geschlossen; das in der Flasche befindliche Ende des Rohres ist derartig gekrümmt, dass es bis an die Oberfläche der Flüssigkeit reicht und das Entweichen des Gases ermöglicht.

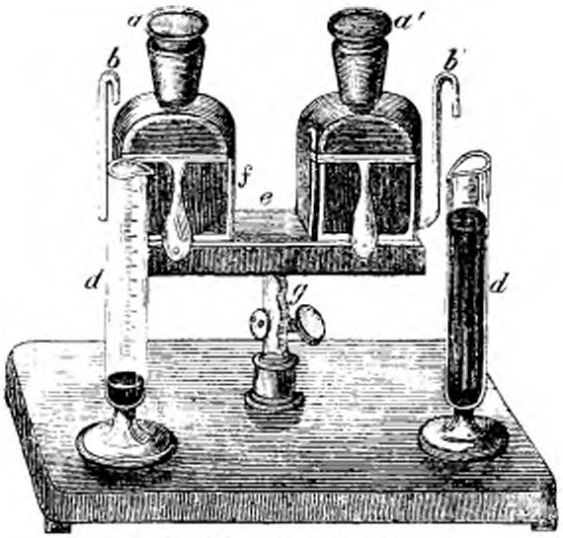


Fig. 74. Lipowitz's Actinometer

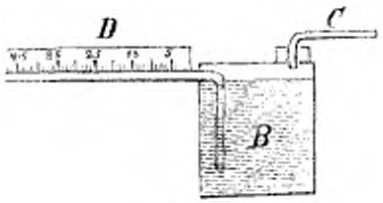


Fig. 77.
Burnett's Photometer.

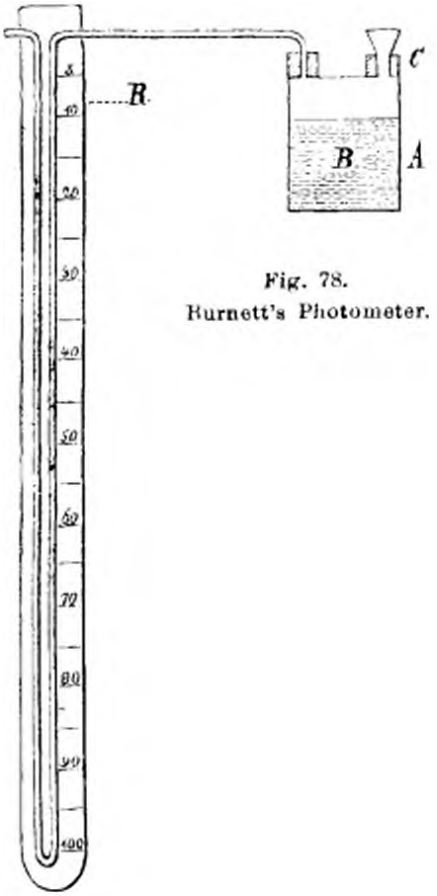


Fig. 78.
Burnett's Photometer.

Fig. 75.
Lipowitz's Actinometer.

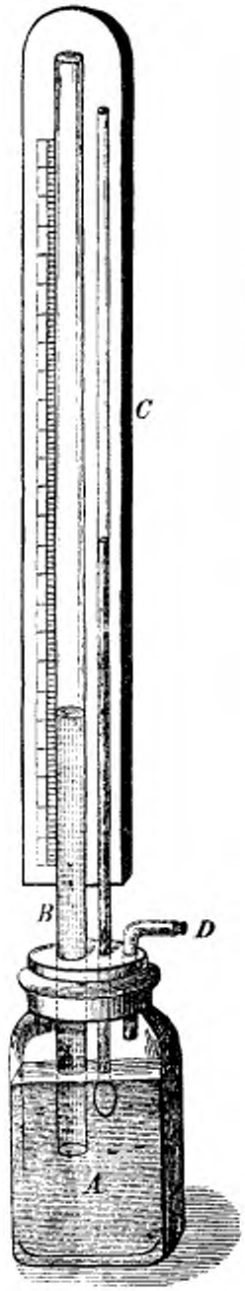


Fig. 73.
Woods' Photometer.

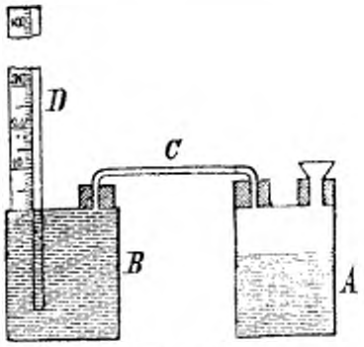


Fig. 76.
Burnett's Photometer.

Unter dem Einflusse des Lichtes entwickelt sich Kohlensäure, welche sich unter der graduirten Glocke E sammelt, bei welcher syrupartiges Glycerin (von 28 bis 30 Grad B.) als Sperrflüssigkeit dient. Die pneumatische Wanne t verlängert sich nach unten in ein weites Rohr C'. Letzteres dient dazu, um das in E gesammelte Gas durch Untertauchen

und gleichzeitiges Oeffnen des Hahnes zu entfernen, die Messglocke wieder mit Glycerin zu füllen, worauf man den Hahn schliesst und selbe wieder an die alte Stelle bringt.

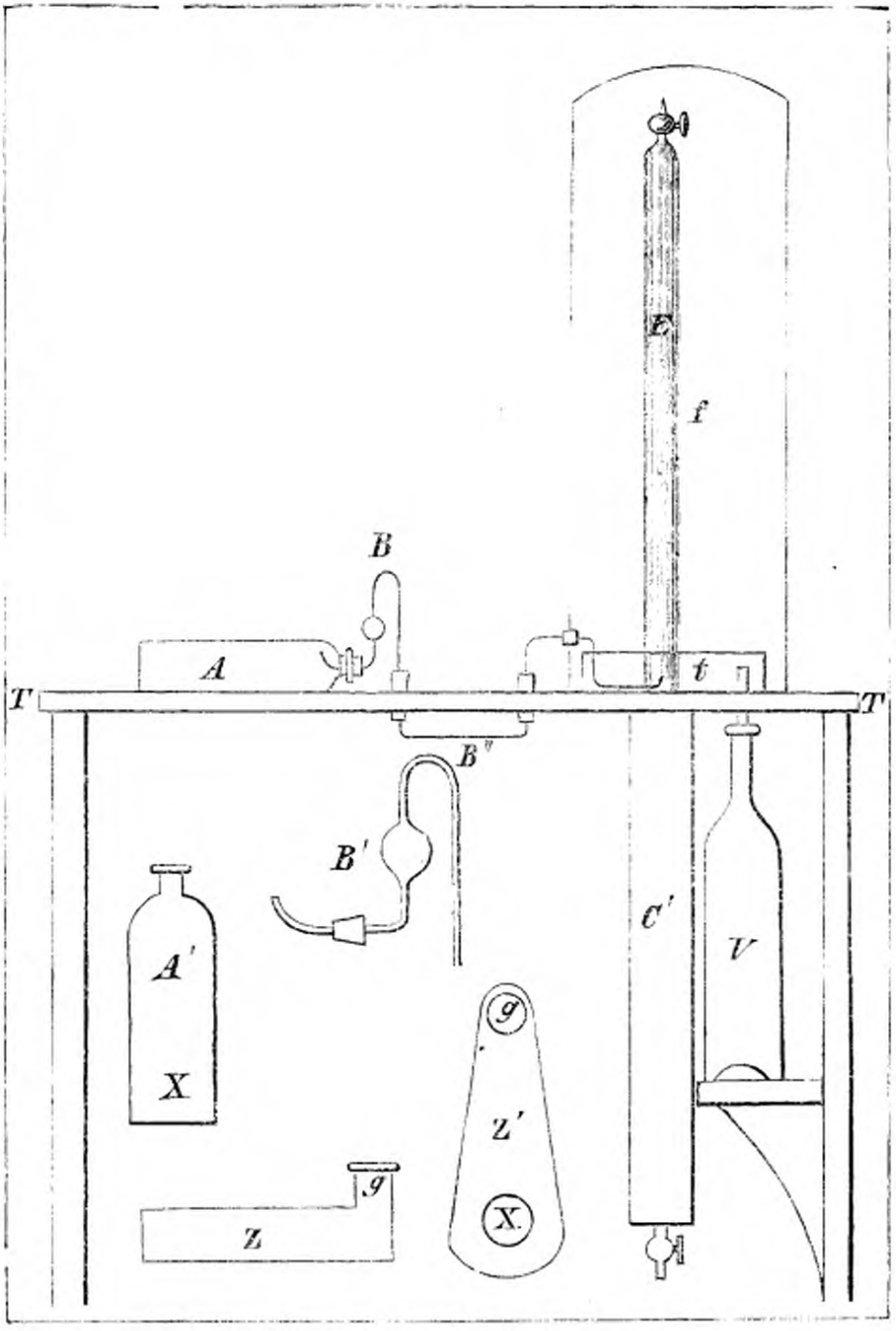


Fig. 79. Marchand's Photantitypimeter.

Die lichtempfindliche Lösung stellte Marchand durch Mischen von 10 ccm Eisenchloridlösung von 24 Grad B. (d = 1,200), 10 ccm Oxalsäurelösung (20 g auf ein Liter Wasser gelöst) und so viel Wasser (oder an Stelle desselben schon einmal gebrauchte mehr oder weniger erschöpfte Photometerflüssigkeit) bis die Flasche voll ist. Jede der Lösungen wird zuvor mit Kohlensäure gesättigt. Dies Verhältniss fand

Marchand als das beste. Eine unverdünnte Mischung aus 1 Volumen der Eisenchlorid- mit 2 Volumen Oxalsäurelösung ohne Kohlensäure fand er anfangs wohl lichtempfindlicher, aber die Empfindlichkeit nahm rasch ab und der Gang der Reaction war nicht regelmässig, bevor nicht $^2/_3$ des Eisenchlorids reducirt waren. Bei der normalen Lösung verläuft die Reaction regelmässig, wenn nicht mehr als 260 ccm Gas entwichen sind (die Flüssigkeit kann 340 ccm Gas entwickeln), dann nimmt die Zersetzung im Lichte stark ab und die Kohlensäure-Entwicklung ist nicht mehr proportional der Lichtwirkung. Die Flüssigkeit in und ausser der graduirten Röhre wird während der Operation immer im gleichen Niveau gehalten. Man kann in jedem Augenblick ablesen, man braucht nur die Temperatur und den Barometerstand zu berücksichtigen. — Ist die wirksame Flüssigkeit erschöpft, so ersetzt man 30 ccm Flüssigkeit durch 10 ccm Eisenlösung und 20 ccm Oxalsäurelösung. Die völlige Erneuerung der Flüssigkeit ist nur 2 bis 3mal jährlich nöthig. — Nothwendig ist es, die Flüssigkeit mit Kohlensäure gesättigt zu erhalten; Marchand verwendet deshald Vorrathsflaschen mit Röhren und bewahrt sie unter Kohlensäure-Atmosphäre auf mit einigen Centimetern Glycerin Druck. — Man beachte, dass die Temperatur der Flüssigkeit in nicht bekannter Weise das Resultat beeinflusst.

Ueber die Wirkung der verschiedenfarbigen Strahlen des Sonnenspectrums gibt nachstehende Tabelle Aufschluss:

Theil des Spectrums	Relative chemische Wirkung	Theil des Spectrums	Relative chemische Wirkung
roth	2,6	violett	75,9
„	3,1	„	31,2
roth-orange	4,2	ultra-violett	18,2
orange	5,7	„	8,8
gelb	43,1	„	8,3
grün	134,1	„	6,2
blau	278,0	„	5,2
„	337,8	„	2,0
indigo	370,0	„	2,0
violett	214,1	„	1,4

Warnerke wendete wie Marchand ein Gemenge von Oxalsäure und Eisenchlorid als photometrische Flüssigkeit an, jedoch nach folgenden Mischungsverhältnissen:

Eisenchlorid	60
Oxalsäure	16,5
Wasser	60.

Er sättigte diese Lösung nicht von Vorhinein mit Kohlensäure, sondern begann seine Beobachtungen erst dann, nachdem der Apparat einige Zeit dem Lichte ausgesetzt worden war. Da er bemerkte, dass in der Dunkelheit und bei wechselnder Temperatur ein Theil der Kohlen-

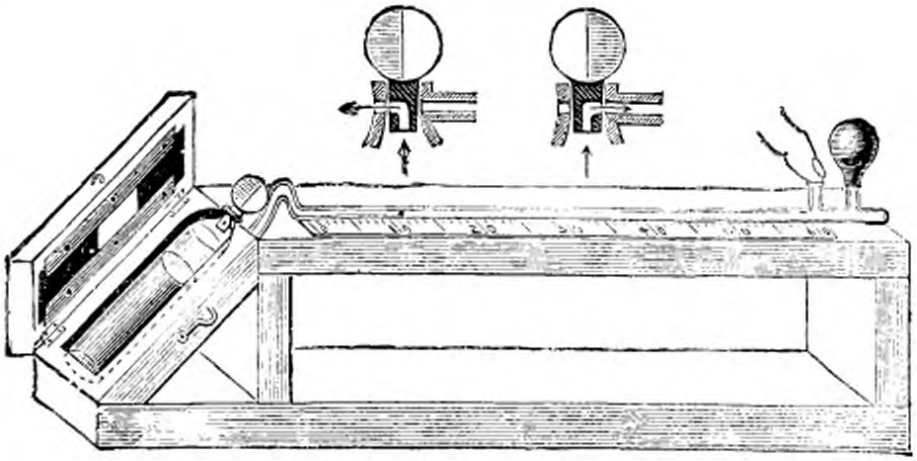


Fig. 80. Warnerke's Oxalat-Photometer.

säure wieder frei wird, so trennte er, wie Marchand, den gaserzeugenden Apparat vom registrirenden. Die von ihm als Photometer benutzte Vorrichtung zeigt Fig. 80.

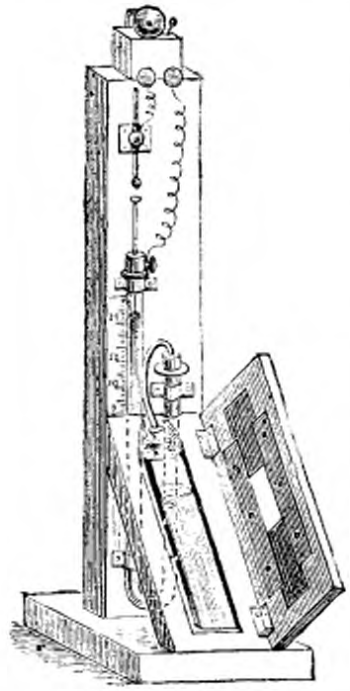


Fig. 81.
Warnerke's Alarm-Photometer.

Für genaue Messungen des entweichenden Gases gab Warnerke folgenden Apparat[1]) an, welcher aus einer langen Flasche besteht. Sowohl Stöpsel als Hals sind durchbohrt, so dass das Gas bei der ersten Stellung (s. Fig. 80) an die Luft entweicht. Durch eine Drehung des Hahnes in die zweite Stellung kann man das Gas in die Messröhre leiten. Die enge Messröhre hat an dem einen Ende zwei Ansätze, wovon der eine mit einem Kautschukballon versehen, der andere offen ist. In die Röhre wird ein Tropfen Quecksilber gebracht und durch passendes Drücken des Ballons an Grad 0 der Röhre geschoben, welche Manipulation aus der Figur leicht ersichtlich ist.

Sinnreich ist Warnerke's Alarm-Photometer construirt (Fig. 81). Er besteht aus der mit oxalsaurem Eisenoxyd gefüllten Flasche. Ein U-förmiges Glasrohr enthält Glycerin. Das eine Ende ist mit der Flasche verbunden, am anderen befindet sich ein Schwimmer mit einem feinen Platindraht.

1) Bull. Assoc. Belge Phot. Bd. 6, S. 403.

Das durch Lichtwirkung ausgetriebene Gas treibt die Flüssigkeit und damit den Schwimmer in die Höhe und berührt einen in bestimmter Höhe angebrachten Metallknopf, wodurch eine eingeschaltete elektrische Glocke zum Läuten gebracht wird. Dadurch kann eine bestimmte Lichtwirkung zur Anzeige gebracht werden.

Alle diese Instrumente entbehren aus dem oben genannten Grunde der Genauigkeit, sind aber gewiss verbesserungsfähig (Eder).

B) Gewichtsanalytische Bestimmung des zersetzten Eisensalzes.

Im Jahre 1857 schlug John C. Draper[1]) eine wässerige Lösung von saurem oxalsauren Eisenoxyd vor, um durch deren Zersetzung im Lichte ein Mass für die Intensität des Lichtes zu gewinnen. Diese Lösung kann in vollkommener Finsterniss aufbewahrt werden, ohne dass sie eine Aenderung erleidet; setzt man sie aber dem Lichte einer Lampe oder des Tages aus, so erfolgt die Reduction. Der vorzugsweise wirksame Strahl ist der indigoblaue, welcher während seiner Wirkung absorbirt wird. Draper machte aufmerksam, dass man die Ausscheidung des citronengelben oxalsauren Eisenoxyduls am Lichte vermeiden müsse, damit das Glas nicht seine Durchsichtigkeit verliere und dass ferner die Flüssigkeit bei einer beständigen Temperatur erhalten werde, indem sich ihre Farbe in der Wärme ändert. Bei 0 Grad C. ist sie smaragdgrün, bei 100 Grad C. aber bräunlichgelb. Mit dieser Farbenwandlung ändert sich auch die Aufsaugung des Lichtes und daher ihre Zersetzbarkeit. Draper erkannte die Schwierigkeit, aus der Menge des frei gewordenen Kohlensäuregases die Grösse der Zersetzung zu erschliessen; dieselbe liegt hauptsächlich in der Absorption der Kohlensäure durch das Wasser. Er zog es deshalb vor, das entstandene oxalsaure Eisenoxydul durch Versetzen der Lösung mit Goldchlorid zu bestimmen, wobei das Oxydulsalz metallisches Gold ausscheidet, welches quantitativ bestimmt werden kann. — Die Methode wäre genau, falls die Temperatur- und Concentrations-Einflüsse bekannt wären.

C) Bestimmung des durch die Lichtwirkung erlittenen Gewichtsverlustes.

Harry N. Draper beschäftigte sich mit demselben Gegenstande wie John C. Draper. Er sättigte eine Lösung von 189 Theilen krystallisirter Oxalsäure mit Eisenoxyd und verdünnte dann mit Wasser auf 2000 Theile und exponirte das Gemisch in einem Gefässe dem Lichte; der Apparat wurde vor und nach dem Exponiren gewogen und auf diese Weise gewichtsanalytisch die entwichene Kohlensäure bestimmt, wodurch die Correctionen für Druck, Temperatur etc., welche beim Messen des Gases nöthig erscheinen, vermieden wurden. Die in der Lösung absorbirt bleibende Kohlensäure, welche das Resultat wesentlich beeinflusst, wurde durch Hindurchleiten von Wasserstoffgas während $^1/_2$ Stunde beseitigt[2]).

Burnett hatte ebenfalls den Plan, den Gewichtsverlust, welchen eine Lösung von oxalsaurem Eisenoxyd oder Uranoxyd oder eine Mischung von Uranitrat oder Eisen-Alaun mit Oxalsäure oder sauren oxalsauren Salzen im Lichte erleidet, zu be-

1) Philos. Magaz. 51, 161. Dingler 146, 29. Horn, Phot. Journ. 8, 85.
2) The photogr. Journal. 1859. S. 37.

stimmen. Er dachte das Gefäss mittels eines Hebelwerkes nach Art der Schnellwaage abzuwägen oder dasselbe im Wasser nach Art eines Aräometers schwimmen zu lassen, wodurch das Instrument in Folge des Gewichtsverlustes im Lichte in die Höhe steigt.

VII. Das Quecksilberoxalat-Photometer.

Fowler gab 1858 eine photometrische Methode an, welche auf der Zersetzung einer Lösung von Quecksilberchlorid und oxalsaurem Ammoniak und dem Wägen des ausgeschiedenen Niederschlages von Quecksilberchlorür oder dem Messen des entweichenden Kohlensäuregases beruht [1]). Dieselbe ist ganz unbrauchbar, weil die Correctionen für wechselnde Temperatur und Concentration fehlen.

Becquerel wollte die Lichtempfindlichkeit eines Gemisches von Quecksilberchlorid und Oxalsäure zum selben Zwecke benutzen [2]). Jedoch ist die Zersetzung desselben ganz unregelmässig, wie zuerst Marchand [3]), dann der Verfasser [4]) zeigte, namentlich der allmählich frei werdenden Salzsäure zufolge. Schliesslich gab der Verfasser selbst ein Photometer mit Quecksilbersalzen an.

Das „Eder'sche Quecksilberoxalat-Photometer" dient hauptsächlich zur Bestimmung der Intensität der ultravioletten Strahlen des Tageslichtes [4]).

Ein Gemenge von Quecksilberchlorid mit neutralem Ammoniumoxalat wird im Lichte besonders rasch zersetzt, viel rascher als das Gemenge mit Oxalsäure oder Tetraoxalat. Es scheidet in derselben Zeit die 20 bis sogar die 100 fache Menge Quecksilberchlorür aus, als eines der beiden letzteren. Im zerstreuten Tageslicht trübt es sich nach wenigen Minuten, im directen Sonnenlicht nach mehreren Secunden. Bei wochenlangem Aufbewahren im Finstern verändert es sich nicht merklich und in der Siedehitze ist es bei der Abwesenheit von Lich. beständig.

Zu seinen Messungen bediente sich der Verfasser entweder viereckiger Flaschen mit ebenen Wänden, welche in eine undurchsichtige lichtdichte Cartonhülle passten, an deren einer Wand eine Oeffnung von mehreren Quadratcentimetern angebracht war, welche je nach der Intensität des Tageslichtes verschieden gross genommen wurde. Besser ist es, die Wirkung des Lichtes auf ein horizontales Flächenelement zu bestimmen und zu diesem Zwecke dient folgender einfacher Apparat. Ein Becherglas von etwas mehr als 100 ccm Inhalt wurde mit Papier überklebt und mit Asphaltlack lichtdicht lackirt. Darüber wurde ein übergreifender lackirter Deckel gestülpt, in dessen Mitte eine Oeffnung von 9 qcm ausgeschnitten war. Arbeitete Verfasser in

1) Liverpool and Manchester phot. Journ. Oct. 1858. Jahrber. Chem. 1859. S. 32.

2) Becquerel, La lumière. 1868. Bd. 2, S. 69.

3) Marchand, Etude sur la force chimique. 1875.

4) Wiener Akad. Ber. (2). Bd. 80. Oct. 1879. — Ueber die älteren Versuche von Planche s. Seite 84.

hellem Sonnenlichte, so ging er auf 1 qcm Oeffnung herab. Man wird leicht das Richtige finden, wenn Verfasser aufmerksam macht, dass während einer Beobachtungsperiode aus 100 ccm nicht mehr als 1 g Niederschlag ausgeschieden werden soll.

In diesen Apparat werden 100 ccm einer Lösung von Quecksilberchlorid-Ammoniumoxalat[1]) gegossen, dem Tageslichte während einer gewissen Zeit — für welche die mittlere Intensität des Lichtes bestimmt werden soll — ausgesetzt, das ausgeschiedene Quecksilberchlorür auf einem doppelten tarirten Filter gesammelt, gewaschen und bei 100 Grad C. getrocknet und gewogen. Es ist nothwendig, dem ersten Waschwasser etwas verdünnte Salzsäure zuzusetzen, weil sonst dem Quecksilberchlorür etwas Quecksilberoxalat beigemengt wird; wenn die Verunreinigung eingetreten und durch Salzsäure nicht beseitigt ist, färbt sich der Niederschlag beim Trocknen gelblich.

Die lichtempfindliche Lösung besteht aus einem Gemische von 2 Volumen einer Lösung von 40 g Ammoniumoxalat in 1 Liter Wasser mit 1 Volumen einer Lösung von 50 g Sublimat in 1 Liter Wasser.

Die Zersetzung dieser Lösung im Lichte geht ganz glatt vor sich. Es entweicht reine Kohlensäure. Der ausgeschiedene Niederschlag besteht aus reinem Quecksilberchlorür, dem sich nur durch Unvorsichtigkeit Quecksilberoxalat beimengt; die Flüssigkeit scheidet nämlich beim starken Verdünnen mit Wasser (aber nicht mit salzsäurehaltigem Wasser!) Quecksilberoxalat aus und dieses löst sich nur in überschüssigem Ammoniumoxalat oder Salzsäure wieder auf. Die durch das Licht in der Photometerflüssigkeit bewirkte chemische Zersetzung verläuft also glatt nach der Gleichung:

$$2\,HgCl_2 + C_2O_4(NH_4)_2 = Hg_2Cl_2 + 2\,CO_2 + 2\,NH_4Cl.$$

Die Anfangswirkung des Lichtes tritt bei dem Aussetzen einer frischen Lösung an das Licht nicht sofort ein. Dasselbe muss auf das Gemenge einige Zeit hindurch wirken, bevor sich das Quecksilberchlorür auszuscheiden beginnt; es dauert im Sonnenlichte einige Secunden, im zerstreuten Tageslichte mehrere Minuten — die Versuche waren im Sommer angestellt worden — bis die Trübung der Lösung beginnt.

Lässt man das lichtempfindliche Gemenge so lange am Lichte stehen, bis es sich deutlich trübt, so ist es mit Quecksilberchlorür gesättigt. Sowie man sie ans Licht bringt, beginnt die Zersetzung in kurzer Zeit und das Licht braucht nicht mehr die lange Zeit, um die Anfangswirkung zu äussern, wie bei einem frischen Gemenge.

Um alle Fehler, welche aus dieser im ersten Anfange langsamen Lichtwirkung etwa hervorgehen können, unschädlich zu machen, pflegt Verfasser seinen Vorrath von Photometerflüssigkeit so lange dem Lichte auszusetzen, bis er sich deutlich und stark trübt, dann zu filtriren und im Finstern aufzubewahren, wo er sich die längste Zeit unverändert hält. Auf diese Weise vermeidet man etwaige Correcturen bezüglich der verzögerten Anfangswirkung.

Zunächst wurde der Einfluss der Concentration und variabler Mengen von Quecksilberchlorid und Oxalat in der Flüssigkeit bestimmt.

Durch Versuche wurde constatirt, dass die Photometerflüssigkeit mit dem verlängerten Gebrauche sich schwächt, und dass ein Punkt eintritt, wo sie sehr träge wird; dies tritt ein, bevor das in der Lösung befindliche Quecksilberchlorid vollständig zersetzt ist. Sobald $^4/_5$ des in der Lösung enthaltenen Quecksilberchlorides zersetzt ist, muss das Licht auf dieses Gemenge doppelt so lange oder mit doppelter Intensität wirken, als auf das frische Gemenge, um dieselbe Gewichtsmenge Quecksilberchlorür auszuscheiden.

---

1) Der Name „Quecksilberoxalat-Photometer“ ist gekürzt statt des schwerfälligen Ausdruckes „Quecksilberchlorid-Ammoniumoxalat-Photometer“.

Es wäre also fehlerhaft, die ausgeschiedene Menge des Quecksilberchlorürs in allen Fällen der Intensität des wirksamen Lichtes gleichsetzen zu wollen. Es muss vielmehr eine kleinere Menge von Hg_2Cl_2, welche gegen das Ende der Reaction entstanden ist, in Bezug auf die äquivalente Lichtwirkung, einer grösseren Menge Hg_2Cl_2 zu Beginn derselben gleich gesetzt werden. Um die in den verschiedenen Phasen der Zersetzung ausgeschiedenen Mengen Hg_2Cl_2 im Zusammenhange mit dem wirksamen Lichte vergleichbar zu machen, ermittelte Verf. die untenstehende Tabelle. Dabei bediente er sich solcher Photometerlösungen, welche auf 100 ccm immer um je 57,59 mg Quecksilberchlorid weniger enthielten und zugleich mit der normalen Lösung belichtet wurden. (Diese Versuche fallen theilweise mit den oben mitgetheilten zusammen.) Die Verminderung des Quecksilberchlorides entspricht einer Ausscheidung von 50 mg Quecksilberchlorür. Auf diese Weise wurde der Effect des Lichtss (unter sonst gleichen Umständen) bei 18 bis 20 Grad C. auf die Photometerlösung bestimmt, nachdem sie eine Verdünnung erlitten hatte, welche einer Ausscheidung von je 50, 100, 150 mg Hg_2Cl_2 u. s. w. im Lichte gleichkommt. Die höheren Zahlen in der nachstehenden Tabelle sind nicht von grosser Genauigkeit und Verfasser empfiehlt deshalb das Photometer nur so lange zu belichten, bis etwa 1 g Hg_2Cl_2 ausgeschieden ist, was man nach einiger Erfahrung schätzungsweise trifft. Der Niederschlag wird dann auf dem Filtrum gesammelt und eine neue Lösung dem Lichte exponirt.

Es folgt hier jene Corrections-Tabelle, sie wird genau genug sein; um die mittlere Intensität des Tageslichtes, sei es nun im Verlaufe mehrerer Stunden oder eines Tages, mit grosser Sicherheit zu bestimmen. Ganz ohne Correctur würden die bei jeder photometrischen Beobachtung gefundenen Zahlen, welche das reducirte Hg_2Cl_2 repräsentiren (sobald diese Menge für 100 ccm Flüssigkeit 1 g Hg_2Cl_2 erreicht) um etwa 20 Proc. fehlerhaft sein, mit der nachfolgenden Corrections-Tabelle aber werden sie kaum einen Fehler über $\pm$ 1 Proc. aufweisen.

Aus 100 ccm der Photometerflüssigkeit werden aus der allmählich schwächer werdenden Lösung abgeschieden. Gefundene Milligramme Hg_2Cl_2:		Die aus der allmählich schwächer werdenden Lösung ausgeschiedene Menge Hg_2Cl_2 kommt folgenden Mengen gleich, angenommen, dass die Flüssigkeit die anfängliche Concentration behalten würde. Milligramme Hg_2Cl_2 auf die Anfangsconcentration reducirt:	
50	650	50,5	746
100	700	103	830
150	750	156	894
200	800	211	964
250	850	265	1037
300	900	323	1106
350	950	380	1176
400	1000	439	1247
450	1100	499	1400
500	1200	560	1670
550	1300	621	1950
600	1350	683	2140

Der Gebrauch der Tabelle ist selbstverständlich. Scheidet das Licht in einer gewissen Zeit, bei einer gewissen Oberfläche und Temperatur der Lösung 500 mg Hg_2Cl_2 aus, so wird der Effect des Lichtes durch die Zahl 560 mg ausgedrückt, denn so viel hätte das Licht ausgeschieden, wenn die Concentration der Lösung nicht abge-

nommen und die Lösung sich nicht theilweise erschöpft hätte. Es ist nicht empfehlenswerth, die Erschöpfung der Lösung zu weit zu treiben, sonst werden die ausgeschiedenen Mengen von Hg_2Cl_2 gering, die Beziehung zu einer äquivalenten Lichtwirkung unsicher, und selbst die Correcturen mittels dieser Tabelle sind dann (wenn das ausgeschiedene Hg_2Cl_2 über 1000 mg beträgt) zweifelhaft.

Es braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden, dass diese Corrections-Tabelle nur dann giltig ist, wenn 100 ccm der Photometerlösung genommen werden. Bei *einem anderen Volumen, z. B. 50 ccm*, wird die Schwächung der Lösung nach Ausscheidung von 100 mg Hg_2Cl_2 eine viel beträchtlichere sein, als bei der Verwendung von 100 ccm.

Der Einfluss der wechselnden Concentration und der allmählichen Erschöpfung der Lösung ist durch das Mitgetheilte sichergestellt.

In zweiter Linie muss der Einfluss der Temperatur auf das lichtempfindliche Gemenge sichergestellt werden, welcher bis jetzt noch bei keinem derartigen Photometer untersucht wurde. Verf. beobachtete, dass dasselbe Licht in derselben Zeit aus einer warmen Quecksilberoxalatlösung reichlich mehr Quecksilberchlorür ausscheidet, als aus einer Lösung von gewöhnlicher Temperatur. Auch ist die äussere Beschaffenheit des in der Hitze durch das Licht gefällten Quecksilberchlorürs ein anderes, als das in der Kälte ausgeschiedene. Zu den Versuchen wurde die lichtempfindliche Flüssigkeit in gleich grosse Flaschen gefüllt, die fest verkorkt und in grosse, mit Wasser von verschiedener Temperatur gefüllte Bechergläser von gleicher Beschaffenheit gebracht.

Es schieden sich aus den verschieden warmen Lösungen folgende Mengen Quecksilberchlorür aus, wobei die bei 0 Grad ausgeschiedene Menge = 100 gesetzt wurde.

Bei	0	Grad C.	ausgeschiedenes	Quecksilberchlorür	100
„	8	„	„	„	105,3
„	15	„	„	„	111,2
„	25	„	„	„	125
„	30	„	„	„	139
„	40	„	„	„	177
„	48	„	„	„	209
„	60	„	„	„	304
„	80	„	„	„	506
„	100	„	„	„	1850

Die heissen Lösungen trüben sich nach dem Aussetzen an das Licht ein wenig später, als die kalten; auch erscheint das Volumen des ausgeschiedenen Hg_2Cl_2 bei den ersteren geringer, als bei den letzteren. Der Grund dieser Erscheinung liegt in der grösseren Dichte des aus heissen Lösungen ausgeschiedenen Niederschlages. Während der in der Kälte ausgeschiedene fein flockig erscheint, hat der in der Hitze durch das Licht gefällte eine grob krystallinische Structur.

Diese Vermehrung der Lichtwirkung mit der Erhöhung der Temperatur muss bei der Reducirung der Photometer-Angaben berücksichtigt werden. Diese Zahlen sind um so beachtenswerther, als sie (meines Wissens) die ersten genauen quantitativen Angaben sind, welche den Zusammenhang der Temperatur einer Lösung mit ihrer Zersetzlichkeit durch Licht ausdrücken.

Wird ein Gemenge von Quecksilberchlorid und Ammoniumoxalat sehr lange belichtet, so scheidet sich sehr viel Quecksilberchlorür aus. Ist dann noch überschüssiges Ammoniumoxalat vorhanden und wird die Flüssigkeit, sammt dem am Boden befind-

lichen Quecksilberchlorür, noch immerfort an das Tageslicht (oder besser Sonnenlicht) gestellt, so färbt sich der weisse Niederschlag hellgrau, dann immer dunkler und dunkler und wird schliesslich grauschwarz, indem sich vielleicht Anfangs ein Subchlorür, dann aber metallisches Quecksilber bildet. Das vorhandene Quecksilberchlorür wird jedoch erst dann geschwärzt, wenn nur noch sehr wenig Quecksilberchlorid in der darüber stehenden Flüssigkeit enthalten ist. Nach meinen Versuchen kann der Gehalt der Lösung unbeschadet von 1,6 Proc. auf 0,08 bis 0,10 Proc. Quecksilberchlorid sinken, ohne dass das in der Lösung suspendirte Quecksilberchlorür weiter zu Metall reducirt würde.

Für die photometrische Verwendbarkeit des Gemisches mit Ammoniumoxalat hat diese Erscheinung wohl nur wenig Einfluss, da ja auf keinen Fall die Exposition der Flüssigkeit an das Licht so weit getrieben werden darf, dass die Lösung sich der Erschöpfung nähert. Es ist dies ein nicht zu leugnender Uebelstand aller derartiger Photometer (auch des Marchand'schen mit Eisenchlorid und Oxalsäure), welchen man dadurch zu vermeiden trachten muss, dass man die Einwirkung des Lichtes unterbricht, sobald man eine reichliche Menge Niederschlag am Boden des Gefässes bemerkt, (über das Quantum, nicht über 1 g pro 100 ccm s. o.); das Volumen des Niederschlages bietet einen Anhaltspunkt dazu.

Versuche ergaben, dass etwa 90 Proc. des Quecksilberchlorür-Niederschlages durch die ultravioletten Strahlen bewirkt werden und nur 10 Proc. durch das gesammte übrige Spectrum.

Dieses Zahlenverhältniss wird, wie auch aus den Versuchen des Verfassers hervorgeht, unmöglich zu allen Tages- und Jahreszeiten gleich bleiben.

Die im Vergleich zu Silbersalzen geringe Lichtempfindlichkeit dieses Photometers macht es nur für längere Beobachtungszeiten verwendbar. Man wird damit die Intensität des Lichtes nicht im Verlaufe von einigen Minuten, sondern nur von Stunden bestimmen können. Vortrefflich wird dasselbe zur Bestimmung der mittleren Lichtintensität für einzelne Tage dienen und neue Aufschlüsse über die Vertheilung der äussersten violetten und der unsichtbaren Lichtstrahlen jenseits des Violett in den verschiedenen Jahreszeiten geben.

VIII. Photometrie mit Nitroprussidnatrium sowie Oxalsäure.

Roussin wendet eine Lösung von 2 Theilen Nitroprussidnatrium, 2 Theilen trockenem Eisenchlorid und 10 Theilen Wasser an. Die Lösung scheidet im Lichte Berlinerblau aus, welches auf einem Filter gesammelt, bei 100 Grad getrocknet und gewogen wird: oder es wird das specifische Gewicht mittels eines sehr empfindlichen Aräometers bestimmt.

Die Abnahme des specifischen Gewichtes ist proportional der Menge des ausgeschiedenen Berlinerblau; oder es werden 15 qcm grosse, gewogene Papierstücke mit der Lösung getränkt, getrocknet, exponirt, gewaschen und wieder gewogen. Die Gewichtszunahme bringt man als Berlinerblau in Rechnung[1]). — Nach Aug. Vogel bewirkt auch Magnesiumlicht bald eine Zersetzung[2]).

Verfasser beobachtete, dass die Flasche, welche die Lösung von Nitroprussidnatrium enthält, bald an den Wänden sich mit dem blauen Niederschlag bedeckt und deshalb den Zutritt des Lichtes hemmt, wodurch Unregelmässigkeiten veranlasst werden

1) Phot. Archiv. 1865. S. 342.

2) Ibid. 1871. S. 92.

müssen. Wäre dies nicht der Fall, so könnten auch gemischte Lösungen von den Ferridcyankalium- und Eisenoxydsalzen (z. B. Eisenalaun) mit Nitroprussidnatrium bei Luftabschluss photometrische Verwendung finden.

Downes fand, dass sich $^1/_{10}$ Normallösung von Oxalsäure im Finstern ganz unverändert hält, dagegen im Sonnenlicht in Kohlensäure und Wasser zerlegt wird. Durch Titriren lässt sich leicht die Zersetzung quantitativ bestimmen und darauf eine photometrische Methode gründen (Chem. News. 1880. Bd. 42, S. 178).

IX. Photometrie mittels photographischer Papiere.

Die Actinometer mit empfindlichen Papieren werden nach zwei Principien construirt. Entweder exponirt man bis das Papier eine gewisse Normalfärbung angenommen hat, oder man exponirt unter einer Scala von stufenweise abnehmender Lichtstärke (wie z. B. unter übereinander gelegten transparenten Papierstreifen oder einem System von Röhren, welche oben verschieden weit sind etc.) und beobachtet, wie weit die photographische Wirkung vorschreitet.

Die erste Methode ist genau, da immer ein bestimmtes Lichtquantum nothwendig ist, um denselben Färbungsgrad (z. B. auf Chlorsilberpapier) zu bewirken.

Die Methode, durch verschieden dicke Schichten von Papier etc. transparente Scalen herzustellen, um darunter sensibles Papier bis zum Copiren eines bestimmten Scalentheiles herzustellen, ist, wohl sehr bequem, nicht so exact, weil verschieden dicke Schichten des transparenten Mediums nicht das Licht gleichmässig verschlucken, sondern immer gewisse Theile des wirksamen Spectrums in nicht proportionaler Menge absorbirt werden. Dagegen sind die Röhrenphotometer genau.

A) Exposition von gesilbertem Papier bis zur Erreichung einer Normalfärbung.

Kurz nach der Erfindung der Daguerreotypie suchte man die Intensität des Tageslichtes und die davon abhängige Expositionszeit durch die Schwärzung von Chlorsilberpapier zu bestimmen.

Nach diesem Principe versuchten Jordan (1839), Malagutti (1839[1]), Hunt (1845), Herschel[2]), Claudet[3]) u. A. mittels der Schwärzung photographischer Papiere die chemische Lichtwirkung zu messen.

Heeren gab im Jahre 1844[4]) eine Methode zur Messung der Lichtstärke behufs photographischer Versuche an, bei welcher er die

1) Annal. de chim. et de phys. (2.) Bd. 72, S. 5.

2) Philos. Transact. 1840. S. 46.

3) London Philos. Magaz. (3.) Bd. 33. S 329.

4) Poggend. Ann. Bd. 64, S. 309. Dingler's Journ. Bd. 93, S. 47 u. Bd. 96, S. 26.

Schwärzung des Chlorsilberpapieres im Lichte mit einer grauen Unterlage vergleicht. Aus der Zeit, welche nöthig ist, um diesem Papiere eine bestimmte Färbung mitzutheilen, bestimmte er die zur Erzeugung photographischer Eindrücke nöthige Zeit, indem durch Versuche ermittelt werden kann, wie sich die Zeiten zu einander verhalten.

Das Chlorsilberpapier stellte sich Heeren durch aufeinander folgendes Baden von Papier mit Silbernitrat (1 : 5) und gesättigter Chlornatriumlösung und schliesslichem Waschen und Trocknen her. (Das Chlorsilber war somit mit überschüssigem Chlornatrium hergestellt.) Dieses Papier benutzte er, um aus dessen Färbung, verglichen mit einer grau gemalten, dem Farbentone nach durch einen Versuch ermittelten Unterlage, auf die Zeitdauer der in der Camera nöthigen Beleuchtung der Daguerreotyp-Platten zu schliessen [1]).

Dieses Princip wollte auch Schall (1853) verwerthen, indem er eine Scala anfertigte, welche die Färbungen enthält, welche die verschiedenen Nuancen der Wirkung des Sonnenlichtes gaben; mit dieser sollte dann die in einem bestimmten Falle entstehende Färbung durch das Sonnenlicht verglichen werden [2]).

B) Wissenschaftliche Begründung dieser Methode und ihre Anwendung für die Meteorologie des Lichtes.

Alle auf ein solches Princip gegründeten Instrumente mussten zu völlig illusorischen Resultaten führen, so lange es nicht gelungen war, eine photographische Schicht von stets gleicher Empfindlichkeit herzustellen und eine gesetzmässige Abhängigkeit der Schwärzung von der Expositionszeit und Lichtstärke aufzufinden.

Diese Aufgabe lösten Bunsen und Roscoë 1862 durch ihre Untersuchungen, welche für alle derartigen Photometer fundamental sind und deshalb hier ausführlich mitgetheilt werden [3]).

Die Messung der Lichtwirkung, welche sich auf eine Schätzung verschiedener Schwärzungen von Chlorsilberpapier stützt, wurde von Bunsen und Roscoë nicht weiter ins Auge gefasst, weil es sich zeigte, dass zwischen der wirkenden Lichtintensität und den dadurch in gleicher Zeit erzeugten Schwärzungen keine Proportionalität besteht (s. S. 295). So waren z. B. für die Lichtmengen 5 und 1 die entsprechenden

1) Heeren polemisirte auch damals gegen Lipowitz, welcher 1844 die Lichtintensität für photographische Zwecke optisch bestimmen wollte (Pogg. Ann. Bd. 61, S. 140; Bd. 63, S. 348); der Streit entspann sich bezüglich des Messens der Lichtstärke durch die Oeffnung der Pupille des Auges und durch Färbung von Chlorsilber.

2) Cosmos. III, 487.

3) Poggend. Ann. Bd. 117, S. 529.

Schwärzungen 0,50 und 0,22[1]). Man kann bei äusserst schwachen Schwärzungen der photographischen Schicht noch sehr kleine Unterschiede in der Schwärzung durch das Auge wahrnehmen, bei intensiven Schwärzungen ist dagegen eine solche Schätzung unmöglich.

Der Satz, dass gleiche Producte von Lichtintensität und Insolationsdauer gleichen Schwärzungen entsprechen, war von Malagutti[2]) vor längerer Zeit hypothetisch ausgesprochen; innerhalb der engen Grenzen einer von 1 bis $2^1/_2$ wechselnden Lichtstärke war er 1862 von Hankel[3]) annähernd richtig befunden.

Zu ihren Versuchen bedienten sich Bunsen und Roscoë des sog. Pendelapparates. Derselbe beruht darauf, dass ein durch ein Pendel bewegtes geschwärztes Glimmerblatt sich einseitig über einem unverrückbar befestigten, mit einer Millimeterscala versehenen Streifen photographischen Chlorsilberpapieres verschiebt, so dass die verschiedenen Verticalzonen des letzteren der Einwirkung des Lichtes durch sehr verschiedene Zeiträume ausgesetzt bleiben. Es entsteht so eine Scala von verschiedenen Graden der Schwärzung, mit denen sich andere, durch gesonderte Bestrahlung geschwärzte Flächen in einem dunklen Zimmer bei dem chemisch unwirksamen Licht einer hellen Natronflamme vergleichen lassen. Es wurde gefunden, dass die Lichtintensitäten für gleiche Wirkungen (Schwärzungen) den zugehörigen Zeiten umgekehrt proportional sind.

Die Bestimmung des Schwärzungsgrades geschah bei einer Natronflamme. Es wurde gefunden, dass 1. innerhalb sehr weiter Grenzen (Schwankung der Intensität um das 25fache) gleichen Producten aus Lichtintensität und Insolationsdauer gleiche Schwärzungen auf Chlorsilberpapier von gleicher Sensibilität entsprechen[4]); 2. beim Schwärzen von Chlorsilberpapier photochemische Inductionen (s. S. 291) keinen störenden Einfluss ausüben; 3. ein Gemenge von 1000 Theilen reinem Zink-

---

1) Zur Messung des Grades der Schwärzung diente eine rotirende Scheibe mit schwarz und weissen Sectoren, deren Verhältniss zu einander beliebig verändert werden konnte. Indem man $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$ u. s. w. der Scheibenoberfläche aus schwarzen Sectoren bestehen lässt, erhält man die entsprechenden Schwärzungen $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$ u. s. w. auf der in Rotation versetzten Scheibe, deren mittlerer Theil mit dem zu vergleichenden, durch die Lichtwirkung veränderten Papiere ausgefüllt war.

2) Ann. de chim. et de phys. 62, 5.

3) Messungen über die Absorption der chemischen Strahlen des Sonnenlichtes. Abhandl. der k. sächsischen Gesellsch. d. Wissensch. Leipzig. 1862. 9, 55.

4) Dies Gesetz wurde später von Wright für Chlor- und Bromsilberpapier bestätigt (Jahrber. Chem. 1866. S. 81).

oxyd mit 1 Theil reinem Lampenruss eine constante unveränderliche Farbennuance, die als Normalfärbung benutzt werden kann, gibt[1]).

Zur Herstellung des Normalpapieres werden 300 g reines Kochsalz in 10 Liter Wasser gelöst und in einem reinen, für die zu salzenden Papierbogen hinlänglich grossen Kasten von Zinkblech gegossen. In diese Lösung senkt man die an zwei diametralen Flächen mit der Hand herabhängend gehaltenen 0,3 qm grossen Papierbogen unter die Flüssigkeit völlig ein und versetzt die letztere in eine hin- und herfliessende Bewegung, um alle dem Papiere anhängenden Luftblasen zu entfernen. Nach 5 Minuten langem Verweilen in der Flüssigkeit wird der Bogen herausgenommen und vertical herabhängend getrocknet. Die angewandten 10 Liter reichen hin, um 70 solche Papierbogen von 0,3 qm Oberfläche nach einander oder zu verschiedenen Zeiten zu präpariren. Das also bereitete Papier kann Monate lang aufbewahrt werden, ohne seine Anwendbarkeit zu verlieren.

Die Silberung geschieht unter den beim Photographiren üblichen Vorsichtsmassregeln, nachdem der 0,3 qm grosse Bogen in vier gleiche Theile zerschnitten ist, in einem passenden Glasgefäss mit flachem Boden, worin sich eine Lösung von 120 g salpetersaurem Silberoxyd in 1 Liter Wasser befindet. Die Zeit, während welcher das Papier auf der Oberfläche des Silberbades schwimmend erhalten wird, beträgt 2 Minuten. Das angewandte Liter Silberbad reicht aus, um 500 jener zerschnittenen Blätter zu silbern, wodurch die Flüssigkeit ungefähr auf die Hälfte ihres Volumens verringert wird. Dieses Normalpapier kann nach dem Trocknen an der Luft 15 bis 24 Stunden im Dunkeln aufbewahrt werden, ohne dass sich an demselben eine bemerkbare Aenderung in der Lichtempfindlichkeit zeigt.

Eine Reihe von Versuchen ergibt, dass das nach dieser Vorschrift dargestellte photographische Normalpapier von hinlänglich gleichbleibender Lichtempfindlichkeit ist, um zu photochemischen Messungen dienen zu können.

Die Empfindlichkeit dieses Papieres bleibt unverändert, mag die Silberlösung 15 Secunden oder 8 Minuten mit dem gesilberten Papier in Berührung gewesen sein. Verkürzt man aber die Zeit der Silberung noch unter 15 Secunden, so gelangt man an eine Grenze, wo die Chlorsilberschicht in hohem Grade unempfindlich wird. Ferner zeigt es sich,

1) Der Lampenruss wurde dadurch erhalten, dass man eine Terpentinöllampe unter einer grossen mit Wasser kalt gehaltenen Porzellanschale brennen liess und den abgesetzten Russ in einem bedeckten Platintiegel 5 Minuten lang zur Rothgluth erhitzte. Als Bindemittel wurde Wasser verwendet, in dem ungefähr $^{8}/_{1000}$ Hausenblase gelöst waren. Die Mischung wurde 1 Stunde lang auf dem Reibstein gerieben.

dass die Empfindlichkeit des Papieres unverändert dieselbe bleibt, mag man 8, 10 oder 12 procentige Silberbäder anwenden, dass aber bei 6 Proc. schon die Grenze der Veränderlichkeit erreicht ist.

Bunsen und Roscoë aber fanden ferner, dass von einem 12procentigen Silberbad $^2/_3$ der Lösung verbraucht werden können, ohne dass der Gehalt nur auf 8 Proc. sinkt. Aus einer Silberlösung von der bezeichneten Stärke nimmt 1 qdcm Papier höchstens 0,01 g Silbernitrat in Anspruch. Das alte Silberbad (Natriumnitrat durch Doppelzersetzung enthaltend) gibt ebenso empfindliche Papiere als frisches.

Nach der Belichtung kann das Chlorsilberpapier ohne seine Färbung zu verändern mindestens 17 Stunden im Dunkeln aufbewahrt werden.

Mit steigendem Kochsalzgehalt steigt die Empfindlichkeit des Papieres fortwährend in raschem Masse; es gibt anscheinend keine Grenzen, wo eine weitere Vermehrung oder Verminderung des Kochsalzgehaltes ohne Einfluss auf die Empfindlichkeit bliebe. Um constante Resultate zu erhalten, ist es daher nöthig, eine Lösung von stets gleichem Kochsalzgehalt anzuwenden.

Die Dicke weisser, zum Photographiren tauglicher Papiere ist ohne Einfluss auf die Empfindlichkeit derselben.

Die Unterschiede in den atmosphärischen Temperaturen und Feuchtigkeitsgraden ist auf die Lichtempfindlichkeit ohne Einfluss. (Vergl. weiter unten).

Später vereinfachte Roscoë (1864 [1]) die Bunsen-Roscoë'sche photometrische Methode mittels des Pendelapparates, weil dieselbe äusserst zeitraubend und nur bei ruhigem Wetter ausführbar ist und beträchtliche Mengen von photographischem Papier erfordert. Roscoë benutzte nun den Pendelapparat nur mehr zur Herstellung der Normalscala.

Von zweien solcher Streifen wurde der eine fixirt und auf ein Brettchen mit Millimetercintheilung befestigt; mittels des zweiten unfixirten Streifens wurde, nachdem darauf die Stelle der Normalschwärze genau bestimmt worden war, der fixirte Streifen bezüglich der Stellen gleicher Schwärzung graduirt.

Die Beobachtungsmethode war auf diese Art sehr einfach geworden; jedem fixirten und graduirten Streifen wurde eine Tabelle beigegeben, welche den Werth der Schwärzung für jeden Millimeter Länge des Streifens in der Masseinheit ausgedrückt angab. Insolirte man dann ein Stück photographisches Normalpapier während einer bekannten Anzahl von Secunden, bis man eine Schwärzung erhielt, deren Intensität

1) Poggend. Ann. Bd. 124, S. 353. Phot. Arch. 1865. S. 373.

derjenigen irgend einer Stelle auf dem fixirten Streifen gleichkam und bestimmte man genau die Lage der Schwärzung bei dem Lichte einer Natronflamme, so fand man die Intensität des wirkenden Lichtes ausgedrückt in der Masseinheit, durch Division der Zahl, welche in der Intensitätstabelle der Stelle gleicher Schwärzung entsprach, durch die in Secunden gegebene Insolationszeit.

Um diese Methode der Messung als ganz zuverlässig betrachten zu können, mussten folgende Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Schwärze der fixirten Normalstreifen musste durch eine beträchtliche Zeit hindurch unverändert bleiben.

2. Die Schattirung jedes solchen Streifens musste ganz regelmässig abgestuft sein, um durch Vergleichung mit dem unfixirten Streifen eine genaue Graduirung zu ermöglichen.

3. Gleichzeitige Messungen, mit verschiedenen graduirten Streifen ausgeführt, mussten genaue Uebereinstimmung zeigen, sowohl unter sich, als auch mit Beobachtungen, welche mittels des Pendelapparates gemacht wurden.

Ad 1. Die Normalstreifen wurden im Pendelapparate belichtet, in unterschwefligsaurem Natron fixirt und durch drei Trage in fliessendem Wasser gewaschen. Der gelbliche Ton liess sich im Lichte der Natronflamme recht gut mit der bläulich grauen Färbung des unfixirten Streifens vergleichen. Zahlreiche Versuche ergaben das Resultat, dass die fixirten Normalstreifen Anfangs verblichen, nach 6—8 Wochen jedoch blieb die Schwärzung sowohl im Dunkeln als im Lichte durch mehrere Monate unverändert.

Ad 2. Die gleichmässige Abstufung erhielt Roscoë, wie ad 1 erwähnt wurde, durch Insolation im Pendelapparat; zur Graduirung verwendete er zwei Methoden, die zugleich zur gegenseitigen Controle dienten.

Nach der ersten Methode wurden die Intensitäten der Schwärzen auf dem fixirten und unfixirten Streifen direct verglichen, indem nach Bestimmung der Normalschwärze auf dem unfixirten Streifen in Abständen von 20 mm kreisrunde Scheibchen von 5 mm ausgeschlagen wurden; die Hälfte eines solchen Scheibchens klebte auf dem runden Loche einer kleinen Holzplatte und bestimmte den Punkt gleicher Schwärzung auf dem mit Millimeterscala versehenen unfixirten Streifen durch Darüberschieben des Brettchens.

Nach der zweiten Methode wurden Stückchen eines fixirten Streifens, deren Schwärzen von einander sehr verschieden waren, ausgeschlagen und der Werth dieser Blättchen auf den unfixirten Streifen bestimmt. Diese Blättchen konnten dann zur Graduirung beliebig vieler Streifen verwendet werden.

Behufs Insolation und Ablesung bediente sich Roscoë der folgenden Methode:

Ein Stück photographisches Normalpapier von 100 mm Länge und 10 mm Breite wurde auf die Rückseite eines „Insolationsbandes“ (Fig. 82) mit Gummi in der Lage aufgeklebt, wie es die punktirten Linien in der Zeichnung andeuten, so also, dass die neun Löcher, jedes von 5 mm Durchmesser, die sich auf dem Insolationsbande in einer Entfernung von 10 mm befanden, je zur Hälfte durch das empfindliche

Papier bedeckt wurden. Die Insolationsbänder wurden aus steifem Papiere vermittelst eines 400 mm langen und 35 mm breiten eisernen Lineal ausgeschnitten und dann die neun Oeffnungen mit einem Locheisen, das in neun entsprechende Löcher des Lineals passte, ausgestanzt; diese Oeffnungen waren auf dem Insolationsbande numerirt und die Zahlen wiederholten sich in einer Entfernung von 87 mm von jedem Loche.

Fig. 82.

Der Insolationsapparat (Fig. 83) bestand aus einer engen Messinglade *A* von 174 mm Länge und 40 mm Breite, offen an den zwei schmalen Seiten und gerade so weit, dass das Papierband *B* leicht hindurchgesteckt werden konnte. Eine kreisförmige Oeffnung *C* von 10 mm Durchmesser war in der Mitte des oberen Bodens eingeschnitten, und zwar in der Lage, dass, wenn die Linie 1 auf dem Insolationsbande an dem einen Ende des Apparates sich befand, der Mittelpunkt der Oeffnung 1 genau im Mittelpunkt der Oeffnung *C* zu liegen kam. Ein dünner Messingstreifen *E* bewegte sich mit Leichtigkeit über den oberen Boden und schützte das sensible Papier vollständig vor Lichteinwirkung, wenn es *sich gerade ober der* Oeffnung *C* befand. Dieser Deckel *E* konnte mittels eines auf der Rückseite des Apparates angebrachten Knopfes leicht mit der Hand bewegt werden: wurde jedoch der Apparat der Bequemlichkeit halber auf den Träger *G* gesetzt, so diente der mit demselben verbundene Hebel *F*, welcher sich an dem Knopfe anpasste, dazu, die Oeffnung *C* leicht und rasch zu öffnen und zu schliessen.

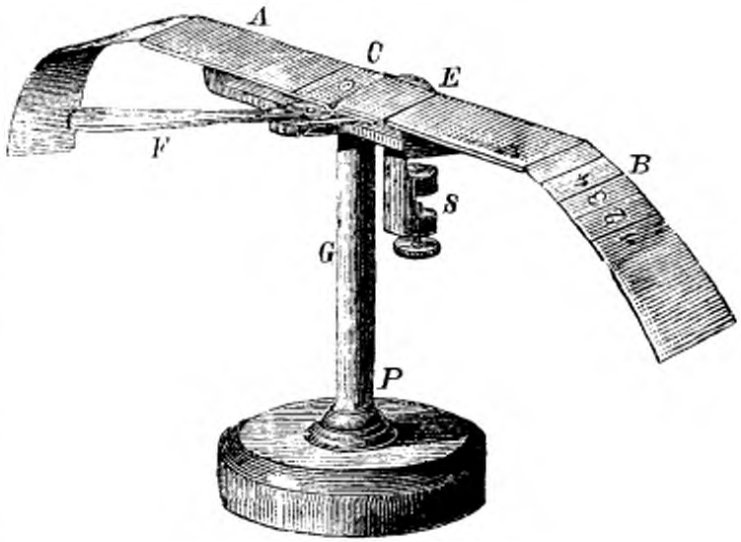


Fig. 83.

War die Intensität des Lichtes so gross, dass die Insolation höchstens 2—3 Secunden dauern durfte, so wäre der Fehler, welcher durch das Schliessen und Oeffnen der Oeffnung gemacht worden wäre, zu beträchtlich gewesen. Um in diesem Falle durch längere Dauer der

Insolation diesen Fehler zu verkleinern, wurde die Intensität des Lichtes in einem bestimmten Verhältnisse vermindert, indem eine kreisförmige, geschwärzte Metallscheibe (Fig. 84) mit zwei Segmentausschnitten von je $^1/_{12}$ ihrer Oberfläche, deren Achse in die Zapfenlager S (Fig. 82) passte, in schnelle Rotation versetzt wurde. Da die Drehungsgeschwindigkeit keinen Einfluss auf das Resultat ausübt, wurde die Scheibe einfach mit der Hand zum Rotiren gebracht. Nach Beendigung einer jeden Belichtung konnten die übrigen Theile des Normalpapieres durch eine beliebige Zeit hindurch ebenso insolirt werden, indem man sie durch Verschieben des Insolationsbandes unter die Oeffnung C brachte.

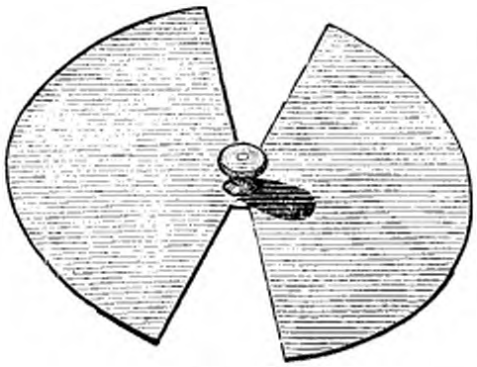


Fig. 84.

Das zum Ablesen verwendete Instrument ist durch Fig. 85 dargestellt. Es bestand aus einer Messingtrommel M von 60 mm Durchmesser und 37 mm Breite, auf dessen Cylinderfläche ein Stück weisses

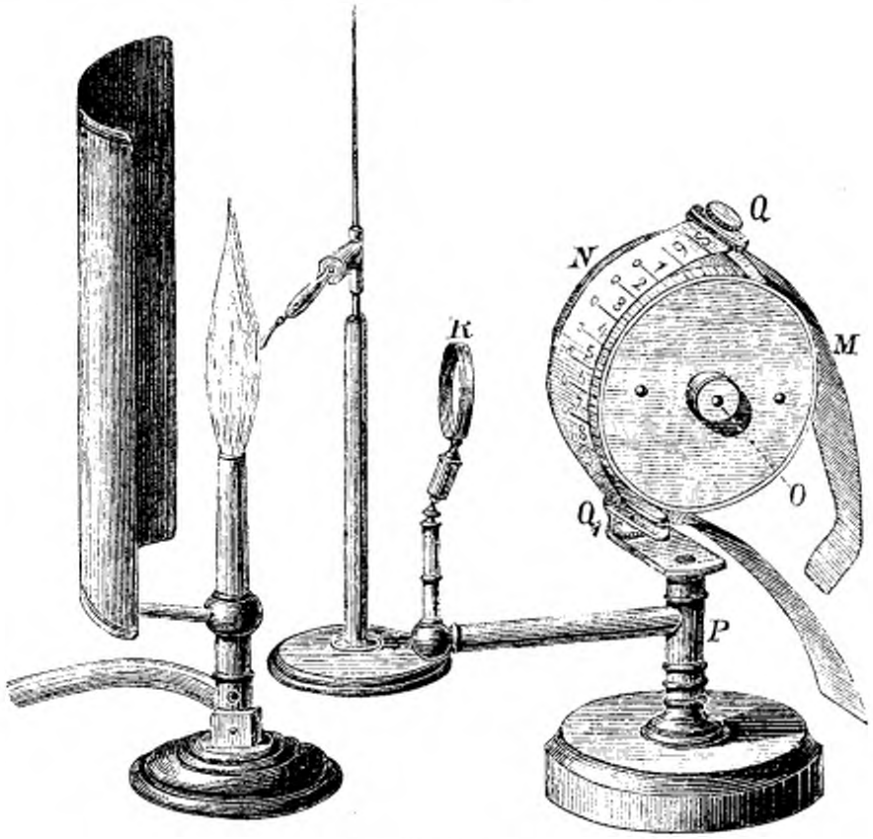


Fig. 85.

Papier befestigt war, worauf der fixirte Streifen geklebt wurde. Der Rand des Cylinders war in Millimeter getheilt und das dunkle Ende des Streifens traf mit dem Anfange der Scala überein. Die Trommel

drehte sich um eine horizontale Achse O, welche an eine verticale, kreisförmige Scheibe N befestigt war. Trommel und Scheibe waren auf einem Pfeiler mit dem Fuss P befestigt.

Das Insolationsband wurde mit Hilfe zweier Schraubenklemmen $Q\,Q_1$ gegen den graduirten Streifen gepresst; die Klemmen waren 133 mm von einander entfernt an der verticalen Scheibe N befestigt. Drehte man die Trommel um ihre Achse, so passirten die verschiedenen Schwärzungen des Streifens jedes der Löcher des Insolationsbandes und man konnte beim Lichte der Natronflamme[1]) die Lage der Punkte auf den Streifen, welche gleiche Schwärzungen mit jedem der insolirten Blättchen besassen, bestimmen. Die Linse R, welche an dem Messingpfeiler des Instrumentes befestigt war, diente zur Concentration des Lichtes der Flamme auf die kleine Fläche, welche untersucht wurde.

Nach der eben beschriebenen Methode wurden von August 1863 bis September 1864 eine Reihe Beobachtungen gemacht; die Resultate derselben sind in der oben citirten Abhandlung in Tabellen zusammengestellt und auch graphisch dargestellt worden. Die graphische Darstellung benutzte Roscoë, um durch eine einfache und practische Integrationsmethode die mittlere chemische Lichtintensität eines Tages zu bestimmen. Es wurden nämlich die Curven auf steifes, sehr gleichförmiges Papier gezeichnet, ausgeschnitten und das Gewicht des Stückes Papier, das zwischen Curve und Basis lag, bestimmt. Zwischen 4 und 5 Curven wurde ein Stück von bestimmter Grösse ausgeschnitten, um Veränderungen im Gewichte, welche in einer Ungleichförmigkeit des Papieres ihren Grund hatten, zu ermitteln und darnach nothwendige Correcturen anzubringen.

Die oben mitgetheilte Methode zur Messung der Lichtintensität nimmt viel Zeit und Mühe in Anspruch, indem die Beobachtungen wenigstens jede Stunde wiederholt werden müssen, um eine zufriedenstellende Curve der Tageswirkung zu geben. Roscoë[2]) modificirte (1874) deshalb dieselbe derart, dass, ohne die Genauigkeit der Beobachtung zu verringern, die Arbeit auf ein Minimum reducirt wurde.

Da, wie bekannt, die chemische Intensität an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten grossen Veränderungen unterworfen ist, so ist es nöthig, dass behufs scharfer Bestimmung der chemischen Wirkung das Papier innerhalb bestimmter Grenzen stets eine gewisse Schwärze erhalte. Dies erzielte Roscoë dadurch, dass er verschiedene Punkte des Streifens schnell hintereinander verschiedene Zeitlängen exponirte; hierzu bediente er sich der nachstehend beschriebenen Einrichtung.

---

1) Die Natronflamme wird erhalten, indem man Natronperlen, welche am Platindrahte angeschmolzen sind, im Bunsenbrenner verbrennt, oder wenn kein Gas zur Disposition steht, den Docht und die Füllung einer Weingeistlampe mit Chlornatrium tränkt.

2) Poggend. Annal. f. Phys. u. Chem. Bd. 151, S. 268.

Das Minutenrad der Uhr *A* (Fig. 86, links) ist mit drei Rädern (*B C D*) der Reihe nach so verbunden, dass das letzte Rad *D* sich einmal alle zwei Minuten um seine Achse dreht. An der Peripherie dieses metallenen Rades sind elf starke Platinnadeln befestigt (mit den Zahlen 1—11 bezeichnet). Jede dieser Nadeln ragt etwa 3 mm aus der Oberfläche des Rades hervor. Wenn sich dieses Rad umdreht, wird der Reihe nach jede dieser Nadeln einen Augenblick in metallische Verbindung mit dem elastischen Metallarm *E* gebracht, dessen Ende mit Platin bedeckt ist. Die Platinnadeln sind so am Rade befestigt, dass der Contact nur einen Augenblick dauert, dann wieder unterbrochen wird, bis die nächste Nadel in Position kommt. Dieses geschieht im ganzen 11 mal. Die Intervalle, während welcher der Contact unterbrochen wird, sind verschieden, je nach den Zwischenräumen zwischen den Platinnadeln. Roscoë fand für England folgende Unterbrechungszeiten am zweckmässigsten:

Intervall:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secunden:	2	3	4	5	7	10	12	17	20	30.

Für andere Orte, wo die Intensität entweder viel grösser oder viel geringer ist, müssten andere Zwischenräume gewählt werden.

Während das Rad im Contact mit dem elastischen Arm *E* ist, geht ein Strom, von mehreren Zellen einer kräftigen Batterie (Fig. 86, Mitte), durch einen zweiten elastischen Arm *F* und durch Drähte, welche die Uhr mit dem Insolationsapparat (Fig. 86, rechts) verbinden. Sobald der Contact bei *E* unterbrochen wird, wird dieser Strom ebenfalls unterbrochen. Das Papier von constanter Empfindlichkeit wird in lange und schmale Streifen zerschnitten; die Länge von circa 3 m muss für einen Tag genügend sein. Dieser Papierstreifen wird über die Rolle *B* (Fig. 86, rechts) gewunden, von welcher er über das leichte Metallrad *W*, dessen Durchmesser etwa 15 cm beträgt, geht. Ein Ende des Papierstreifens ist an diesem Rade befestigt. Das Hemmrad *F* wird durch eine Feder *E* in Bewegung gesetzt und hat eine gemeinschaftliche Achse mit dem Rade *W*. Die Hemmung *E* ist in Verbindung mit einem Eisenstück *K*, welches sich nahe an einem Elektromagnet *M* befindet; um diesen Elektromagnet geht ein Strom, sobald die metallische Verbindung bei *E* (Fig. 86, links) hergestellt ist.

Geht ein Strom um den Elektromagnet, so wird das Eisenstück *K* angezogen, die Hemmung *E* wird nun frei und das Rad mit dem Papier um eine Strecke bewegt, die von der Anzahl der Zähne des Rades *F* abhängt. Sobald der Strom unterbrochen wird, wird das Eisenstück mittels einer Spiralfeder *S* in die ursprüngliche Position zurückgebracht. Wenn das Minutenrad *A* der Uhr an einen bestimmten Punkt kommt, drückt eine auf ihm befindliche Nadel *h* gegen das lange Ende eines Hebels *L*; dieser Hebel drückt den elastischen Arm *E* herab. Die Platinnadeln des Rades *D* drücken nun gegen den Arm *E* und der Strom wird in den gegebenen Zwischenräumen hergestellt und unterbrochen. Das empfindliche Papier wird dadurch nach bestimmten Zwischenräumen um eine Entfernung vorwärts bewegt, die genügt, um einen frischen Theil desselben unter die kreisförmige Oeffnung (4 mm Durchmesser) zu bringen. Auf diese Weise wird während einer Umdrehung des Rades *D* das empfindliche Papier in fortschreitenden, bis zu 80 Secunden reichenden Zeitlängen exponirt. Die feste Nadel *h* des Minutenrades hat sich während dieser Zeit so weit vorwärts bewegt, dass sie nicht mehr gegen das gebogene und dicke Ende des Hebels *L* drückt und das Ende des elastischen Armes *E* wird durch die isolirte Spiralfeder *S* zurückgezogen. Der Arm bleibt nun in dieser Position, bis eine Stunde verflossen ist, worauf er wieder heruntergepresst und mit den Platinnadeln in Verbindung gebracht wird. Während dieser

Stunde wird eine Papierscheibe exponirt und dadurch stark geschwärzt. Wird im Laufe des Tages eine dieser schwarzen Scheiben markirt, so kann man dadurch auf die Stunden schliessen, in welchen die verschiedenen Expositionen stattgefunden haben.

Ist der Apparat in Gebrauch, so wird er durch einen leichten metallischen, geschwärzten Deckel geschützt. Auf diesem Deckel befindet sich eine Metallplatte mit einer kreisförmigen Oeffnung (4 mm Durchmesser), deren Rand sorgfältig abgerundet ist. Eine Stahlfeder AB (Fig. 86 rechts), über welche der empfindliche Papierstreifen geführt wird, drückt denselben gegen die horizontale Metallplatte, so dass die exponirte Papierscheibe dicht unter der Oeffnung der Metallplatte liegt. Um das Papier und den Apparat während des Regens trocken zu halten, wird derselbe mit einer Glaskuppe bedeckt. Der Verlust an Licht, welcher durch das Glas bedingt wird, muss für jedes Instrument experimentell bestimmt werden. Wird der Apparat am Abend auseinander genommen, was in einem durch eine Natronflamme erleuchteten Zimmer geschehen muss, so sieht man die schwarzen Scheiben, die eine Stunde exponirt waren. Zwischen denselben befinden sich zehn Scheiben von verschiedenen Nuancen. Diejenige, welche 2 Stunden exponirt war, ist vielleicht kaum sichtbar, während diejenige, welche 30 Secunden exponirt war, vielleicht zu dunkel zur Bestimmung der Intensität ist. Eine der Scheiben wenigstens muss eine Nuance haben, deren Intensität an einem graduirten Streifen abgelesen werden kann.

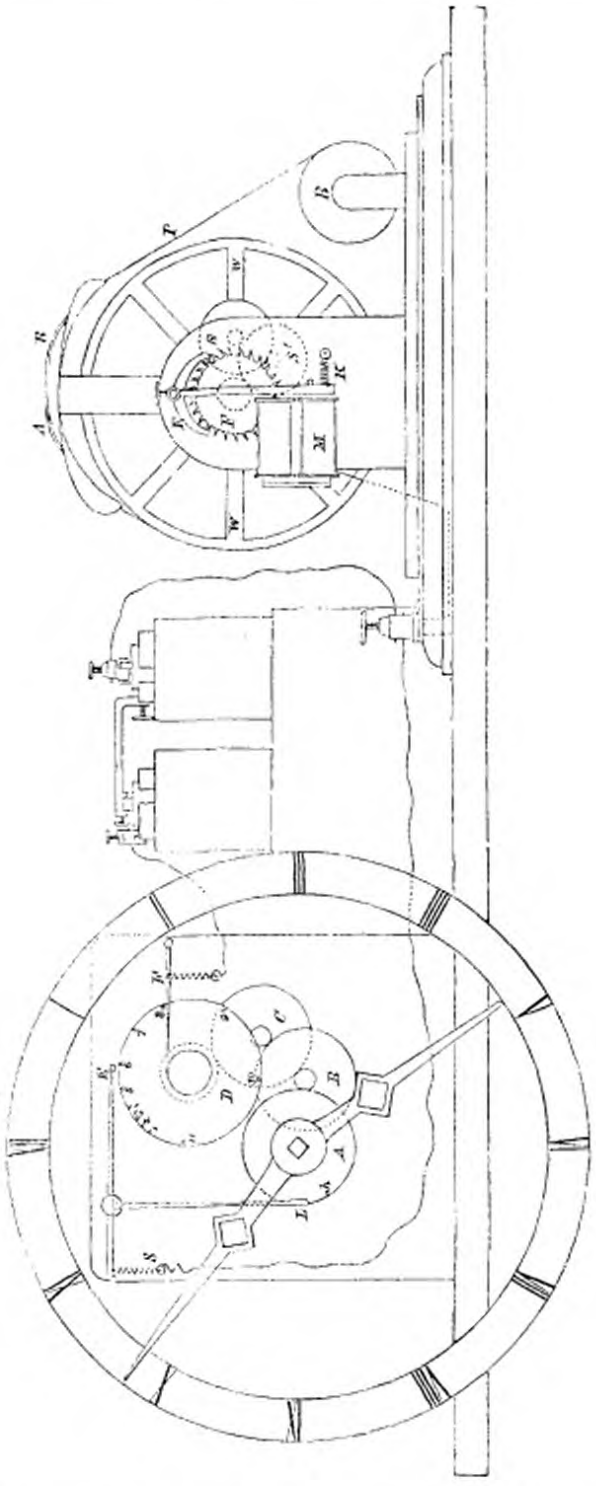


Fig. 86.

Um die Beobachtungen geschwind ablesen zu können, wird vermittelst eines Drückers die Hälfte der schattirten Scheiben herausgedrückt. Das eine Ende des Papierstreifens wird sodann in die zum Ablesen bestimmte Trommel (Fig. 88) geklemmt und die übrig gebliebenen Hälften der gefärbten Scheiben dicht über die graduirten Streifen gepresst. Wird die Trommel um ihre horizontale Achse gedreht, so werden die verschiedenen Nuancen der graduirten Streifen an den halbkreisförmigen Oeffnungen der exponirten Scheiben vorbeigeführt und es kann somit der Punkt des graduirten Streifens, dessen Nuance identisch ist mit einer der schattirten Scheiben, leicht bestimmt werden. Eine jede Nuance wird zehnmal abgelesen und das Mittel genommen. Die

Calibrirung der fixirten Streifen wurde von Roscoë, unabhängig vom Pendelapparat, auf folgende Weise vorgenommen.

Auf dem Boden von sechs hohlen, mit Blenden versehenen Cylindern von 60 cm Länge und 10 cm Durchmesser, welche gegen den Zenith gerichtet waren, wurden Stücke empfindlichen Papieres gleich lang belichtet.

Die Blenden, welche oben auf den Cylindern aufgesetzt wurden, waren von verschiedener Grösse und derart bestimmt, dass die relative Lichtintensität, welche auf die, auf den Cylinderböden befindlichen Papiere wirkt, die folgende war:

Cylinder	1:	relative	Lichtintensität	1,00
„	2:	„	„	2,32
„	3:	„	„	4,00
„	4:	„	„	6,13
„	5:	„	„	8,72
„	6:	„	„	11,95.

Die so belichteten Papierstücke wurden nun in ein dunkles Zimmer gebracht und die Punkte des zu graduirenden Streifens bestimmt, deren Nuance mit den verschiedenen Papierstücken übereinstimmte. So wurde eine Anzahl von Punkten gefunden, deren relative Intensität bekannt war. Die Normalschwärzung (die der Intensität 1 entspricht) ward nun auf dem Streifen abgelesen und wenn der betreffende Punkt mit einem der vorher fixirten übereinstimmte, so wurden die mit den gefundenen Punkten correspondirenden Intensitäten leicht gefunden. Mehrere Experimente mit den Cylindern wurden für jeden zu calibrirenden Streifen gemacht, und da im Allgemeinen die Intensität des Tageslichtes bei den verschiedenen Experimenten verschieden war, wurde eine grosse Anzahl von Punkten gefunden, unter denen einer ziemlich genau mit der Normalschwärze übereinstimmen musste.

Die chemische Wirkung des totalen Tageslichtes wird mit diesem Instrumente, gemäss Roscoë's Methode, durch ein dem Lichte ausgesetztes Stück empfindlich gemachten Papieres für einen bestimmten Zeitraum in jeder Stunde gemessen. Um dies zu bewerkstelligen, ist das empfindliche Papier um eine Trommel, welche sich um eine horizontale Achse dreht, gewickelt, und das tragende Gestell kann ausserdem parallel dieser Achse verschoben werden. Ein mit einer Oeffnung versehenes Stück Messingblech ist so über der Trommel befestigt, dass es leicht auf die Trommeloberfläche drückt, so dass nur immer ein kleines Stück des Papieres dem Tageslichte unter der Oeffnung ausgesetzt ist, während der Rest des Papieres in Dunkelheit verbleibt. Aus der horizontalen Bewegung des Gestelles und der Drehung der Trommel ist leicht zu ersehen, dass jeder Theil des empfindlichen Papieres dann beliebig dem Tageslichte ausgesetzt werden kann. Nehmen wir an, unser Instrument arbeite, so hat das Gestell, welches die Trommel trägt, eine langsam continuirliche horizontale Bewegung, parallel ihrer Achse, die Trommel nimmt an dieser Bewegung Theil, aber dreht sich während der Stunde nicht; aber mit dem Glockenschlage der vollendeten Stunde dreht sie sich plötzlich etwas, so dass ein frisches Stückchen Papier unter der Oeffnung dem Lichte blossgestellt ist. Nach zwei Secunden erfolgt wiederum plötzlich eine Drehung wie bevor, so dass dieses Stück Papier zwei Secunden dem Lichte ausgesetzt war. In derselben Weise werden frische Stücke Papier für 2, 4, 6, 10, 20, 40 und 90 Secunden ausgesetzt, nach dieser Zeit dreht sich die Trommel nicht mehr bis zur nächsten vollendeten Stunde, wo sich der Vorgang in gleicher Weise wiederholt. Folglich wird hier ein Stück Papier 57 Minuten dem Lichte ausgesetzt und ist dann unbrauchbar geworden wegen der langen Dauer seiner Insolation. Hat nun eine vollständige Umdrehung stattgefunden, so wird durch die horizontale Bewegung der Trommel eine

frische Stelle des Papiers dem Tageslichte ausgesetzt. Der Mechanismus dieser horizontalen Bewegung ist nun folgender.

An der Walze einer Uhr, d. h. derjenigen Walze, um welche die Kette mit dem sie treibenden Gewichte aufgewickelt ist, ist ein Getriebe befestigt. Dieses Getriebe greift in ein Zahnrad, welches auf einer kleineren Walze angebracht ist. Wird nun die Uhr aufgezogen, so dreht sich dieser kleine Cylinder, und windet dabei ein Stück Kette auf und indem das Uhrgewicht wieder herabgeht, dreht sich diese kleine Trommel in der entgegengesetzten Richtung und die Kette wird sich langsam abwinden. Das andere Ende dieser Kette ist auf dem Rahmen befestigt, welcher die Trommel trägt, und welcher horizontal gleiten kann. Wenn auf diese Weise die Kette immer von aussen in Spannung gehalten wird, wird sich die Trommel langsam in horizontaler Richtung bewegen, und wenn die Uhr aufgezogen wird, wird sie wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückgekehrt sein. Die Kette wird nun in Spannung gehalten durch eine Darmsaite, welche auf der anderen Seite des Rahmens befestigt ist und von hier über eine Rolle gehend durch ein Gewicht angespannt wird. Die horizontale Be-

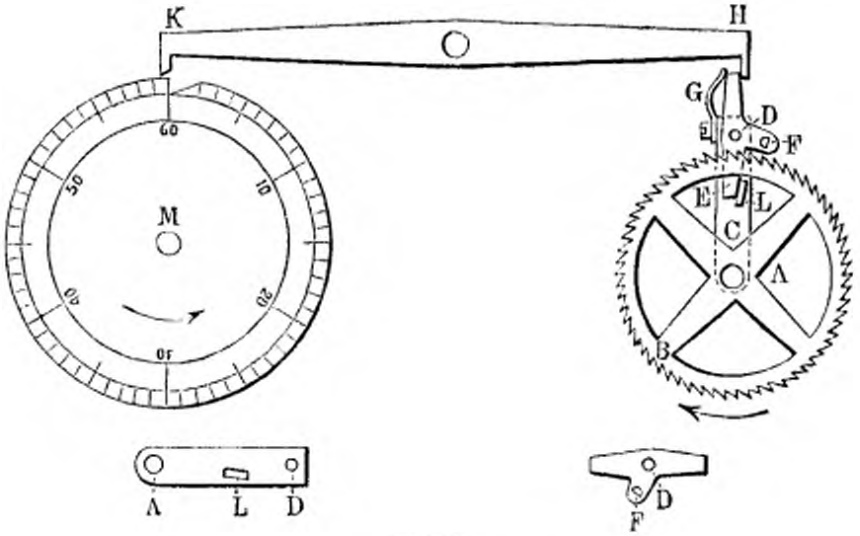


Fig. 87.

wegung der Trommel ist so erklärt, es bleibt uns somit nur noch die Einrichtung der rotirenden Bewegung übrig, deren Mechanismus folgender ist.

A ist eine Triebwelle, welche das Bestreben hat, sich in der Richtung des Pfeiles (siehe Fig. 87) zu drehen. Der Mechanismus dieser Bewegung ist in der Zeichnung nicht zu sehen, aber folgendermassen arrangirt: Auf der Welle ist ein Getriebe, in welches ein Zahnrad eingreift; dieses Rad dreht sich vermittelst einer durch ein Gewicht in Spannung gehaltenen Schnur, welche um eine kleine auf der Achse des Rades befestigten Walze aufgewunden ist. B ist wieder ein Zahnrad, welches jedoch nicht auf der Welle A befestigt ist, sondern, indem es durch ein Hemmrad mit dem Triebwerk der Uhr in Verbindung steht, sich frei in der Richtung des Pfeiles einmal in drei Minuten um sich selbst dreht. Wie nun auf der Zeichnung zu sehen ist, ist auf der Welle A ein Arm C, welcher an seinem Ende einen Stift trägt, befestigt. Um diesen Stift kann sich ein Stück E drehen; ein Bolzen F, welcher auf der Seite von E hervorragt, ist so angebracht, dass er in die Zähne des Rades B einzugreifen vermag. Eine Feder G dient dazu, das Stück E zu drehen, so dass, wenn es nicht anderwärts verhütet ist, der Bolzen F sich zwischen die Zähne des Rades B einzwängt. Wie wir nun gesehen haben, dient die Welle A dazu, den Arm C zu tragen und mit sich zu führen; kommt sie nun in die Lage, wie gerade in der Zeichnung angegeben ist, so

wird diese Drehung durch das gekrümmte Ende H des Hebels HK verhindert. Dieser Haken fasst das Ende von E, während fast zu gleicher Zeit das andere Ende von E, durch eine an der Seite von C hervorragende Hemmung L, den Arm C in der auf der Zeichnung angegebenen Lage festhält. In dieser Stellung kann nun der Bolzen F nicht in das Zahnrad B eingreifen. Das Gewicht, welches dazu dient, die Triebwelle A zu drehen, wird jetzt den Arm C in dieser Lage halten. Mit dem Glockenschlage der vollendeten Stunde wird nun der Haken aufgehoben, dadurch dem Stücke E freien Spielraum gebend, jetzt wirkt die Feder G auf E ein, und der Bolzen F wird sich in die Zähne des Rades B einsenken. Dadurch wird aber die Welle A gezwungen, sich in demselben Verhältnisse zu drehen, wie das Zahnrad, welches, wie wir schon wissen, immer seine Umdrehung in drei Minuten vollzieht. Ehe nun der Arm C Zeit hat, wieder zu seiner ursprünglichen Lage herumzukommen, hat sich der Haken H wieder gesenkt, und das äussere Ende des Stückes E wird gegen ihn treffen, aber der Arm C wird noch ein kleines Stückchen weitergehen, bis das untere Ende von E gegen die Hemmung L anprallt. Durch diese kurze Bewegung wird aber der Bolzen F aus dem Zahnrad herausgeworfen und die Triebwelle A wird wieder festgehalten. So macht also die Welle A eine vollständige Umdrehung in drei Minuten, verharrt dann in ihrer Lage, um mit jeder nächsten vollendeten Stunde den Vorgang in gleicher Weise zu wiederholen. Die Art und Weise, wie nun die Drehung der Trommel regulirt wird, soll jetzt erklärt werden. Der Hebel HK dreht sich um seinen Mittelpunkt und sein Ende K ruht auf der Kante der Scheibe M. Diese Scheibe dreht sich einmal während einer Stunde und hat auf ihrer Kante einen Einschnitt, so dass nach einer Stunde das Ende K in diese Fuge einfällt und so das Ende H emporgehoben wird. Durch die schiefe Seite der Fuge wird K wieder aufgehoben, und so senkt sich H, ehe noch die drei Minuten zu Ende sind, herab, dadurch den Arm C nach dieser Zeit in seiner ursprünglichen Lage festhaltend. Die Scheibe M ist in sechzig Grade eingetheilt und kann wie die Zeiger einer Uhr eingestellt werden, indem sie durch ein starres Gelenke mit der Stundenwelle verbunden ist; und so kann die Stellung der Fuge in jeder Stunde auf das Genaueste regulirt werden.

Um den Mechanismus etwas deutlicher zu machen, ist dieselbe Triebwelle A der Fig. 87 noch einmal in Fig. 88 ausführlicher dargestellt. Auf der Welle A ist die Scheibe B, welche, wie bekannt, in jeder Stunde eine vollständige Umdrehung in drei Minuten vollzieht. An der Trommelachse ist eine kleine Walze mit treibendem Gewichte so angebracht, dass sich die Trommel mit dem auf ihr befestigten Papiere umdreht. Diese Walze ist weiter durch ein Räderwerk CD verbunden, welche dadurch ebenfalls gedreht wird. Bei jeder Drehung dieser Welle dreht sich die Trommel so weit, um ein frisches Stück Papier auszusetzen. In Verbindung mit der Welle ist weiter eine Speiche CE, deren Ende C zu einer schmalen Spitze ausgezogen ist, welche sich gegen die Seite der Scheibe stützt. In verschiedenen Zwischenräumen sind rund um die Scheibe kleine Fugen bb eingeschnitten, welche die Spitze des Armes CE aufnehmen können. Während einer Stunde ruht nun die Spitze auf der Scheibe zwischen zwei Einschnitten, mit dem Glockenschlage beginnt sich die Scheibe zu drehen, und jedesmal, wenn die Spitze der Speiche einem Einschnitte gegenüber kommt, macht die Welle CD eine Umdrehung, und so dreht sich die Trommel um einen gewissen Theil ihres Umfanges und ein frisches Stück Papier ist dem Lichte ausgesetzt. Die Scheibe dreht sich stossweise in jeder Secunde, die die Uhr anschlägt, währenddem geht die Spitze E durch eine der Fugen, obgleich sich die Scheibe verhältnissmässig rasch bewegt. So findet die Bewegung der Trommel mit grosser Genauigkeit statt, auch kann irgend welche gewünschte Dauer der Aussetzung dem Papier gegeben werden,

indem man nur die Fugen an den correspondirenden Stellen anbringt. Diese Fugen sind diagonal in den Scheibenrand eingeschnitten, um zu verhindern, dass die Spitze *E* schneller herumkommend zweimal durch dieselbe Fuge gehen könnte.

Die zugehörigen Zeichnungen sollen natürlich nur dazu dienen, das Princip des Mechanismus zu erklären.

Das obige Instrument ist dem von Professor Roscoë in den „Philosophical Transactions for 1874" beschriebenen im Grunde gleich, eine von H. Darwin modificirte Form desselben ist jetzt in South Kensington für mehrere Monate ununterbrochen im Gange gewesen.

Die Einrichtung von H. Darwin gibt in einzelnen Punkten noch bessere Resultate als die ursprüngliche Form des Actinometers, besonders bei Anwendung einer kleineren Quantität des empfindlichen Papieres. Sein Instrument wurde von Professor Roscoë geprüft und als ganz vorzüglich befunden, es ist jetzt in South Kensington aufgestellt, und gibt regelmässige und zuverlässige Resultate.

Ed. Stelling[1]) (1874) in St Petersburg führte nach Bunsen-Roscoë's Methode eine grössere Reihe photochemischer Messungen aus und publicirte deren Ergebnisse.

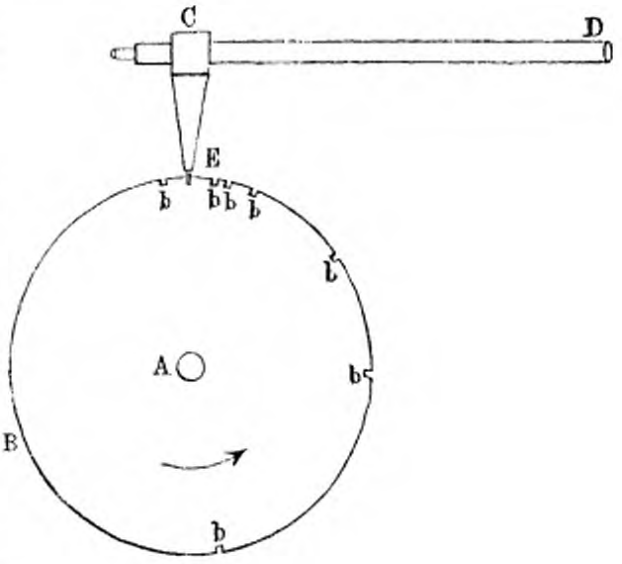


Fig. 88.

Das von Stelling angewendete Verfahren ist jenem, welches Roscoë 1874 publicirte, ziemlich analog, jedoch nicht ganz identisch, da ihm die Publication Roscoë's zu spät bekannt wurde.

Er benutzte zu seinen Beobachtungen einen im Pendelphotometer insolirten und dann fixirten Streifen Normalpapier, nahm jedoch die Calibrirung nicht mittels eines zweiten, ebenso belichteten, aber unfixirten Streifens vor, sondern verfuhr folgendermassen: Er setzte in einem Handinsolator nach Roscoë (siehe Fig 83) Streifen des Normalpapieres durch verschiedene, aber genau bestimmte Zeiten dem Tageslichte aus und wählte dann jene Streifen, bei welchen für gleiche Insolationsdauer am Anfange und am Ende der Versuchsreihe die Schwärzungen gleich waren, oder mit anderen Worten, bei deren Belichtung sich die Intensität des Tageslichtes nicht geändert hatte. Die so erhaltenen Schwärzungen wurden dann mit dem fixirten Streifen, auf welchem vorerst die Stelle der Normalschwärze[2]) bestimmt worden war, verglichen und die entsprechenden Schwärzungen auf jenem bestimmt.

Um nun diese Schwärzungen in allgemein vergleichbarem Masse auszudrücken, musste die Intensität (J) bestimmt werden, welche während der jeweiligen Versuchsdauer (t) geherrscht hatte; sie ergab sich daraus, dass entweder irgend eine Schwärzung der Normalschwärze gleich war, oder die Normalschwärze zwischen zwei naheliegende

1) Repertorium der Meteorologie, herausgegeben von der k. Akademie der Wissenschaften. Bd. VI, No. 6 und Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie. Bd. XIV, S. 43.

2) Stelling erhielt von Roscoë selbst ein Blättchen mit Normalschwärze.

Schwärzungen fiel, wo dann die Insolationsdauer zur Erreichung der Normalschwärze durch Interpolation erhalten wurde.

Den calibrirten Streifen befestigte Stelling auf Roscoë's Ablesetrommel (Fig 85). Bei seinen Versuchen machte Stelling einige Erfahrungen, welche, als für derartige Arbeiten wichtig, hier Erwähnung finden sollen. Stelling fand:

1. Dass auf die genaue Abschätzung gleicher Schwärzungen, sowohl die Helligkeit der Natronflamme als auch die Richtung der auffallenden Strahlen von Einfluss sind; dass dieser Einfluss sich jedoch bei Vergleich der Töne, welche der Normalschwärze nahe kommen, weniger geltend macht

Es empfiehlt sich daher einerseits, immer gleiche Salzperlen in der gleichmässig erhaltenen Flamme des Bunsenbrenners zu verbrennen und die gegenseitige Lage der Flamme der Beleuchtungslinse und der Ablesetrommel immer unverändert beizubehalten, ferner anderseits jene Schwärzungen zu Intensitätsbestimmungen zu benutzen, welche nahe der Normalschwärze sich befinden.

2. Dass geringere oder grössere Trockenheit und Alter des empfindlichen Papieres auf die Empfindlichkeit des letzteren *keinen wesentlichen Einfluss ausüben.*

3. Dass es nicht gleichgiltig sei, ob das Papier auf einer nicht filtrirten Lösung oder einer unmittelbar zuvor filtrirten Lösung sensibilisirt wurde.

Wie aus seinen Versuchen erhellt, sind die vor der Filtration gesilberten Papiere unempfindlicher als jene, welche nach der Filtration gesilbert wurden und kann der Unterschied bis zu 10 Proc. betragen. Es empfiehlt sich daher, die Silberung unmittelbar nach der Filtration vorzunehmen.

Abney[1]) construirte 1876 ein selbstregistrirendes Photometer, ähnlich demjenigen Roscoë's, welches aber, wie Abney selbst erklärte, Roscoë's Instrument nicht verdrängen, sondern seiner leichteren Her-

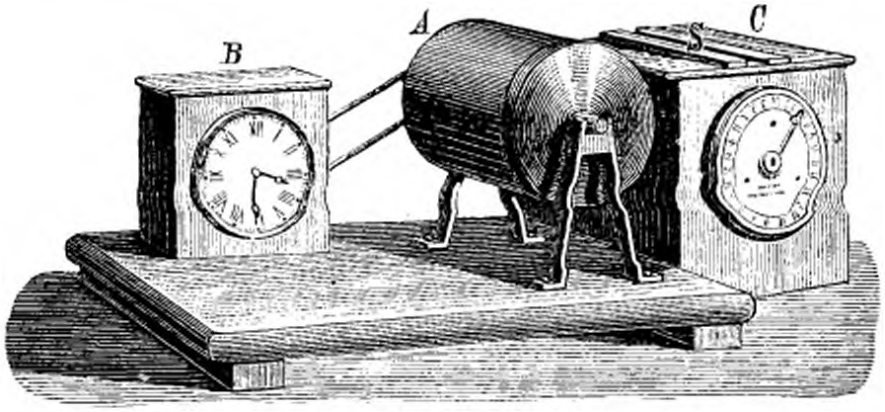


Fig. 89.

stellungsweise und grösseren Billigkeit halber für Jedermann zugänglich sein sollte. Das kleine Instrument hatte die in der Fig. 89 skizzirte Form und bestand aus einem um die Achse drehbaren und mit dem empfindlichen Papiere überzogenen Cylinder *A*, welcher durch ein einfaches Uhrwerk *B* in 24 Stunden einmal um seine Achse gedreht wurde. Zu diesem Behufe war auf die Achse des Cylinders eine Rolle gesteckt, welche mittels eines Bandes mit der Trommel der Uhr verbunden war.

1) Phot. News. 1876. S. 242 u. f.

Die Belichtung des Papieres fand durch einen im Deckel des Ueberkastens *C* angebrachten engen Schlitz *S* statt, welcher mittels einer auf photographischem Wege erhaltenen abgetönten Scala bedeckt war. Entsprechend der Intensität des Lichtes fand auch die Schwärzung des Papieres in seiner Längenrichtung statt.

Zur Ablesung der erhaltenen Resultate wurde beim Lichte einer Natronflamme der Cylinder *A* aus seinen Lagern gehoben und in den Rotationsapparat (Fig. 90) eingeschaltet. Vermittelst der Scheibe *D* wurde nun der Cylinder *A* in so rasche Rotation versetzt (über 30 Umdrehungen in der Secunde), dass die verschiedenen Töne, welche sich auf einer Leitlinie der Cylinderoberfläche befanden, je zu einem einzigen Mittelton integrirt wurden. Durch den Spalt *t* des ober dem rotirenden Cylinder befindlichen Aufsatzes wurden nun die entstandenen Töne

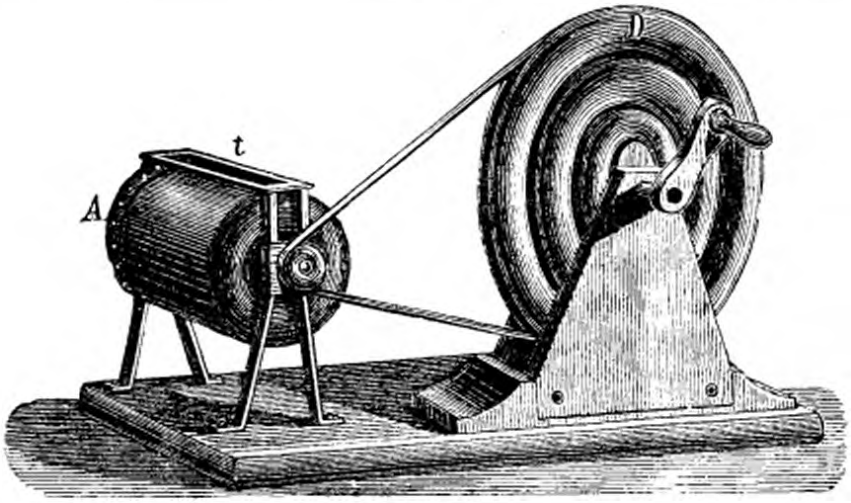


Fig. 90.

beobachtet und mit der Normalfarbe verglichen. Abney benutzte, um eventuelle Ablesungsfehler möglicht zu corrigiren, vier Normaltöne von bestimmtem Werthe und nahm dann das Mittel aus den vier Ablesungen.

Pocy bediente sich zu demselben Zwecke des Chlorsilberpapieres, welches in einer lichtdichten Holzbüchse aufgerollt war und nur durch einige Oeffnungen am Deckel der Lichtwirkung ausgesetzt wurde und allmählich bei demselben vorbeigezogen werden konnte. Sein Zweck war hauptsächlich, die Schwankungen des chemisch wirksamen Lichtes während des Tages von Zeit zu Zeit (von $^1/_4$ zu $^1/_4$ Stunde) zu messen. Verschiedene Färbungsgrade des Papieres von Hellviolett durch Roth in metallisches Grün galten ihm als Normalpunkte[1]).

Montagna stellte ein automatisches Actinometer in folgender Weise her: Eine Glasscheibe, welche geschwärzt ist, hat am oberen Theile einen kleinen durchsichtigen Sector, welcher dem 72. Theile des Kreisumfanges entspricht, d. h. von 5 Graden Oeffnung. Neben dem Sector befindet sich eine kleine Scala aus einem schwach gefärbten Collodionhäutchen, das auf weisses Papier geklebt ist. Hinter dem Sector und

1) La lumière. 1863. S. 42.

der Scala ist eine Scheibe aus empfindlichem Papier angebracht, die durch ein Uhrwerk in der Art bewegt wird, dass jeder Theil des Papieres den Weg von einer Seite des Sectors zur andern in 10 Minuten zurücklegt. In dieser Weise wollte Montagna durch Vergleichung des empfindlichen Papieres mit der Scala einen Schluss auf die actinische Wirkung des Lichtes ziehen. Setzt man das Uhrwerk, durch welches das empfindliche Papier bewegt wird, zu verschiedenen Tageszeiten in Bewegung, so hat man auf dem Papier eine Reihe von Färbungen, welche den jeweiligen Grad des Actinismus in den betreffenden Zeitabschnitten (z. B. für 12 Stunden) ausdrücken[1]).

Garneri's Photergimeter (Lichtwirkungsmesser). Es wird Papier mit Salmiak (10 Proc. Lösung) und Silbernitrat (30 Proc.) sensibilisirt. Von diesem nimmt man einen Streifen und belichtet ihn nach und nach je $^1/_2$ Minute, bis 20 verschiedene Abstufungen erhalten sind, wovon die erste einer Belichtung von 10 Minuten entspricht, während die letzte eine Lichtwirkung von $^1/_2$ Minute zeigt.

Um nun eine Beobachtung über die Lichtstärke an einem bestimmten Tage anzustellen, nimmt man einen ähnlich präparirten Papierstreifen und bringt ihn mit der besagten Scala ans Licht. Man belichtet 5 Minuten, vergoldet und fixirt. Die erhaltene Schwärzung wird mit einer der verschiedenen Abstufungen der Normalscala übereinstimmen; die Angaben werden in Photergimeter-Graden gemacht[2]).

Ch. R. Wright[3]) bestätigte einige von M'Dougall gemachte Beobachtungen, bezüglich der Empfindlichkeit des mit Chlor oder Brommetallen bereiteten photographischen Papieres. Er fand ferner, dass eine photochemische Induction bei der Einwirkung des Sonnenlichtes auf chlorirtes, bromirtes und bromjodirtes Papier nicht bemerklich ist und dass für jedes dieser Papiere die Bedingungen zur Erzeugung einer bestimmten Reihe von Tinten (die erforderlichen Zeiten bei gleicher Lichtintensität oder die Lichtintensitäten bei gleicher Zeit) verschieden sind. Bei allen aber besteht zwischen den Lichtintensitäten und den Zeiten der Lichtwirkung das von Bunsen und Roscoë für Chlorsilberpapier festgestellte Verhältniss.

C) Büchsenphotometer mit einer Farbe zu photographischen Copirzwecken.

Die „Autotype Company“[4]) und mit ihr viele Andere wenden das „Büchsenphotometer“ oder auch sogen. „englische Photometer“ beim Pigmentverfahren an. Es ist sehr einfach. Es besteht aus einer Büchse von Eisenblech, deren Deckel *M* ein rundes Glas von 2 cm Durchmesser enthält, welches mit Ausnahme eines schmalen (2 mm) Streifens mit Oelfarbe chocoladebraun angestrichen ist, welchen Farbenton gesilbertes Albuminpapier im Sonnenlicht in $1^1/_2$ Minuten annimmt (Fig. 91). Im Innern der Büchse befindet sich ein Streifen sensibilisirtes Papier (circa 15 mm breit), welchen eine federartige Vorrichtung immer gegen das Glas drückt. Wenn die Farbe derjenigen des angestrichenen Glases entspricht, hat man einen Grad des Photometers. In diesem Augenblicke verschiebt man den Papierstreifen ein wenig und lässt einen

1) Phot. Corresp. 1873. S. 121.

2) Roth, Fortschr. 1868. S. 14.

3) Chem. Soc. J. (2.) 4. S. 33. Ztsch. f. Chem. 1866. S. 285. Jahrb. Chem. 1866. S. 81.

4) Eine englische Gesellschaft, welche sich dem Pigmentverfahren widmete.

zweiten Grad copiren [1]). Ein Negativ von mittlerer Dichtigkeit braucht zwei Grade, ein mit Mattlack überzogenes drei, um auf Pigmentpapier eine gute Copie zu geben.

Analog ist das Lamy'sche Actinometer [2]) (für Pigmentdruck) construirt, welches Fig. 92 veranschaulicht. Das empfindliche Papier *F* (1 cm Breite, 50 cm Länge) ist bei *H* aufgerollt, wobei eine Feder die Rolle festklemmt und eine andere das Papier *F* empordrückt, so dass es sich beim Zuklappen des Deckels an die Fläche bei *G* anschmiegt. *E* ist eine gefärbte Fläche, welche bei *G* eine durch blankes Glas verschlossene Oeffnung hat, durch welche das Licht

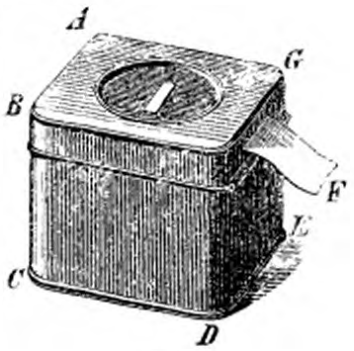


Fig. 91.
Büchsenphotometer.

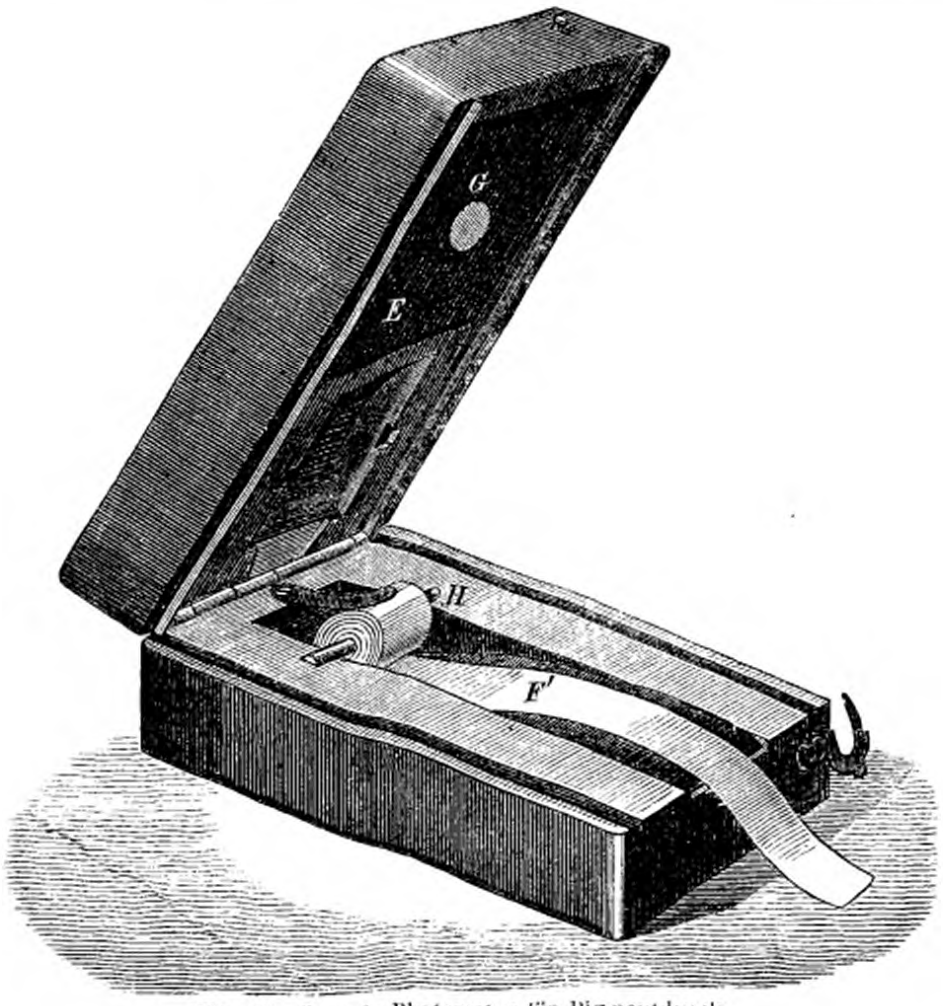


Fig. 92. Lamy's Photometer für Pigmentdruck.

eindringen kann. Das Uebrige verhält sich so, wie es im Vorhergehenden ausgeführt wurde.

1) Dieses Photometer ist beschrieben: Phot. Arch. 1870. S. 189; Monckhoven, Kohlephotographie. 1876. S. 35; Liesegang, Der Kohledruck. 1877. S. 65.

2) Lamy's Instruction pour l'emploi du papier au charbon. 2. Aufl. 1881. S. 12

Ein sehr einfaches Büchsenphotometer construirte Dreesen[1]), indem er das sensible Albuminpapier in einen dreifach gelegten Carton einklemmte, an dessen oberster Seite eine Oeffnung für den Lichteinlass ausgeschnitten und mit dem Normalpapier eingeklebt war.

In dem Büchsenphotometer befindet sich gewöhnliches gesilbertes Albuminpapier oder sogenanntes „Dauerpapier“ [2]).

D) Fehler des Büchsenphotometers.

Die Fehler des „englischen“ und aller ähnlichen Büchsenphotometer bestehen darin, dass 1. das sensible Papier (auch sog. dauerhaftes Albuminpapier) sich mit der Zeit ändert und dass ferner 2. die Trockenheit oder Feuchtigkeit der Atmosphäre verändernd darauf einwirkt. Schon Malval fand 1863, dass feuchtes Chlorsilberpapier rothe Töne gibt, welche mit dem Normalton nicht correspondiren, und dass altes Papier gelbe Nuancen gibt[3]). Auch Monckhoven fand, dass bei trockener Witterung das Papier violett wird, bei feuchter das Violett ins Roth übergeht. Das Photometer verlangt öfters Nachsehen, so dass leicht Fehler durch Unachtsamkeit entstehen; es ist weniger empfindlich, als das Vogel'sche oder andere Scalenphotometer, da das erstere 15 Gradunterschiede anzeigt, wo das Büchsenphotometer nur 3 zeigt (Vogel).

Glaisher fand bei seiner Luftschifffahrt, dass man in grosser Höhe der Atmosphäre $^1/_2$ Stunde nöthig hat, um auf einem Chlorsilberpapier denselben Effect hervorzubringen, der auf der Oberfläche der Erde 1 Minute dauert. Spiller vermuthet, dass der Grund in mangelnder Feuchtigkeit liege und stellte Experimente an, wonach das Papier in verdünnter feuchter Luft ebenso schnell schwarz wird, als bei gewöhnlichem Barometerstand, in trockener verdünnter Luft jedoch nur sehr langsam[4]).

E) Büchsenphotometer mit mehreren Farbentönen.

Woodbury's Photometer ist ein Büchsenphotometer mit 6 Farbentönen (s. Fig. 93). Es hat die Form und Grösse einer kleinen Taschenuhr. Auf der einen Seite trägt es 6 Sectoren, welche mit verschieden dunkler Farbe (Tusche und Alizarin) bemalt sind und in der Mitte eine Oeffnung haben. Ein Streifen sensibles auf eine Rolle (Fig. 94) ge-

---

1) Deutsche Photogr. Zeitung. 1879. S. 146.

2) Haltbares gesilbertes Albuminpapier s. das betreffende Capitel im IV. Bande dieses Werkes (Heft 12).

3) Bulletin Soc. franç. Phot. 1863. Bd. 9, S. 221.

4) Kreutzer's Zeitschr. f. Phot. 1864. Bd. 8, S. 42.

wickeltes Papier befindet sich unter der Oeffnung *b* und kann durch Ziehen an dem Ende bei *a* verschoben werden. Je nach der gewünschten Stärke der Lichtwirkung exponirt man auf eine hellere oder dunklere Nuance. Für Pigmentdruck schwächt man die Lichtwirkung durch ein gelb gefärbtes Gelatinehäutchen [1]). Woodbury gab demselben Apparat auch oblonge Form [2]).

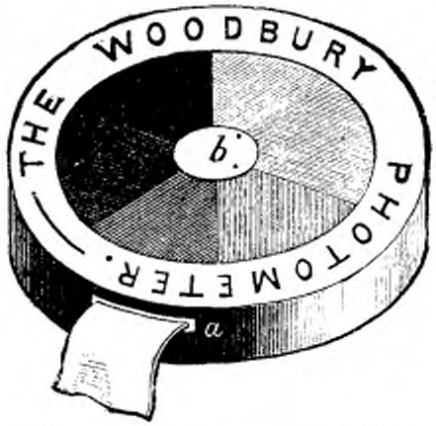


Fig. 93. Woodbury's Photometer.

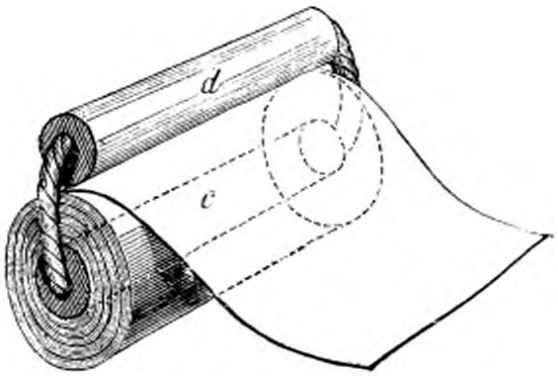


Fig. 94.
Rolle für empfindliches Papier.

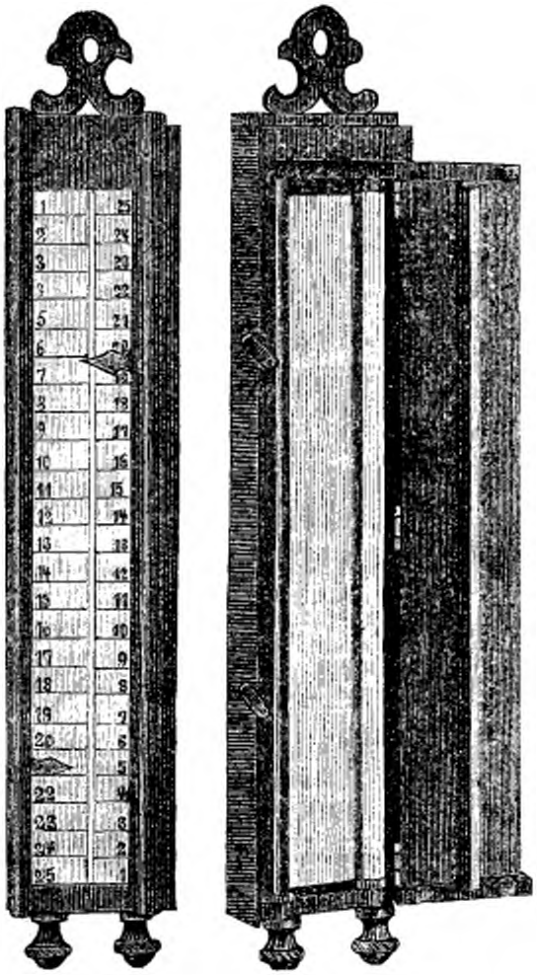


Fig. 95. Fig. 96.
Geldmacher's Photometer.

Swan benutzte 1866 zur Bestimmung der Expositionszeit für Pigmentpapiere Chlorsilberpapier, welches unter einer halbdurchsichtigen Schicht so lange exponirt wurde, bis die nöthige Färbung eingetreten war. Wie tief das Papier gefärbt sein muss, um die für ein Negativ nöthige Belichtungszeit anzugeben, ist durch ein vorhergehendes Experiment festzustellen. Sobald er den Farbenton gefunden hatte, verglich er ihn mit der Scala (die 10 Töne hatte) und notirte dessen Nummer. Die halbdurchsichtige Schicht stellte er durch Entwickeln und Verstärken einer Collodionplatte her, bis sie die Intensität der dichtesten Theile eines Negativs hat. Diese Schicht legte Swan deshalb über das Chlorsilberpapier, weil das Papier im vollen Licht viel zu

1) Warnerke, Bull. Assoc. Belge de Phot. Bd. 6, S. 408.

2) Year-Book of Phot. 1878. S. 34.

stark sich schwärzt und eine genaue Vergleichung der Farbentöne dadurch unmöglich wird[1]).

Einen ähnlichen Plan hatte Honikel, welcher das Photometer mit ganz schwachem gelben Glas bedeckte[2]).

Lloyd[3]) erzeugte eine Scala auf gesilbertem Albuminpapier von verschieden dunklen Farben. Der Streifen wird im Goldbade gebadet und fixirt und dient dann als Norm.

Geldmacher's Photometer[4]) unterscheidet sich im Principe nicht vom Woodbury'schen und ähnlichen, ist aber in ganz andere Form gebracht. In einem Holzrähmchen befindet sich unter Glas eine Farbenscala von verschieden stark im Lichte gefärbtem gesilberten Papier (25 Nuancen). Dieselbe wird dadurch hergestellt, dass man als schwächsten Normalton eine schwach graubraune Färbung annimmt (z. B. 2 bis 9 Minuten Exposition an einem regnerischen Tage) und für jeden folgenden Grad 2, 3, 4 mal bis 25 mal so lang exponirt. Zur Vermehrung der Sicherheit sind zwei solche Scalen in entgegengesetzter Richtung hinter dem Glas befestigt. Im Innern des Kästchens ist sensibles Papier aufgerollt. Man exponirt zur Herstellung von Pigmentdrucken so lange bis das Papier den entsprechenden Färbungsgrad angenommen hat. Mittlere Exposition bis Grad 25. (S. Fig. 95 und 96.) [Diese höheren Grade haben viel zu dunkle, schwer zu unterscheidende Farbentöne. Eder]

F) Scalenphotometer.

Lanet de Limency construirte 1856 sein „Lucimeter", welches aus stufenförmig übereinander gelegten feinen Papierstreifen bestand, welche eine allmählich undurchsichtiger werdende Scala bis zu 16 Grad bildeten. Je stärker das Licht, desto mehr solcher Schichten durchdrang es und auf diese Weise suchte de Limency die Intensität des jeweiligen Lichtes mit dem Auge abzuschätzen.

Bei der Vorlage dieses Instrumentes in der Sitzung der Pariser photographischen Gesellschaft vom 15. Februar 1856 knüpfte sich daran eine Discussion, dass die Intensität der leuchtenden (optischen) Strahlen mit jenen der chemischen nicht parallel laufe und Regnault wies darauf hin, dass man diesem Uebelstande leicht abhelfen könne, wenn man hinter die Scala ein Blatt sensibles Papier lege[5]).

Im September 1866 nahm Louis Bing ein englisches Patent auf ein Photometer zur Bestimmung der „actinischen Kraft" des Lichtes, welches darin bestand, dass unter ein Medium von abnehmender Transparenz ein Stück gesilbertes Papier gelegt und nun beobachtet wurde, durch wie viele Schichten in einer gewissen Zeit das Licht wirkte[6]).

1) Phot. Archiv. 1866. S. 277.
2) Phot. Archiv. 1876. S. 73.
3) Phot. Wochenbl. 1881. S. 364, aus Brit. Journ. of Phot. 1881. S. 556.
4) Phot. Archiv. 1876. S. 211.
5) Bulletin de la Société française. 1856. Bd. 2, S. 79.
6) Abridgements of Specification relating to Photography. II. 1860—1866. S. 149.

Im April 1863 nahm Bing ein Nachtragspatent auf diesen Apparat, indem er das sensible Papier auf eine Rolle aufwickelte und es dadurch ermöglichte, dass durch einfaches Drehen das unter der transparenten Scala befindliche Papier nach jeder Beobachtung leicht erneuert werden konnte[1]).

Ueber Swan's Instrument wurde schon S. 403 gesprochen.

H. W. Vogel gebührt das Verdienst das Scalenphotometer als photographisches Messinstrument zu Copirzwecken zuerst genau beschrieben[2]) (1868) und in die photographische Praxis eingeführt zu haben.

Es ist von allen derartigen Photometern am meisten (speciell in Deutschland und Oesterreich) verbreitet und bewährt sich in der Praxis allerorts vortrefflich.

Vogel's Photometer[3]) besteht aus einem Kästchen (Fig. 97), wovon der eine Theil *T* Streifen von chromirtem Steinbach- oder River-Rohpapier[4]) enthält. Dieselben werden über das Hölzchen *h* gelegt und durch die Enden *f* gegen die transparente Scala gedrückt, wenn der Deckel geschlossen ist. Der Theil *D* enthält die auf Glas geklebte Seidenpapierscala und derselbe kann mittels des Hakens *Z* geschlossen werden. Durch den Holzdeckel *L* kann der Lichtzutritt zur Scala bewerkstelligt oder verhindert werden. Bei der Exposition scheint das Licht durch die Seidenpapierscala hindurch und bräunt den darunterliegenden Streifen. Diese Färbung schreitet von dem dünnen nach dem dicken Ende der Scala hin fort und um so rascher, je stärker das Licht wirkt. Um nun zu erkennen, wie weit die Lichtwirkung nach dem dicken Ende fortgeschritten ist, sind auf die Scala schwarze Zahlen und Zeichen aufgedruckt: diese lassen das Licht nicht durch und werden daher, wenn das Chromatpapier ringsum afficirt ist, hell auf braunem Grunde erscheinen. Oeffnet man nun das Photometer bei Lampenlicht[5])

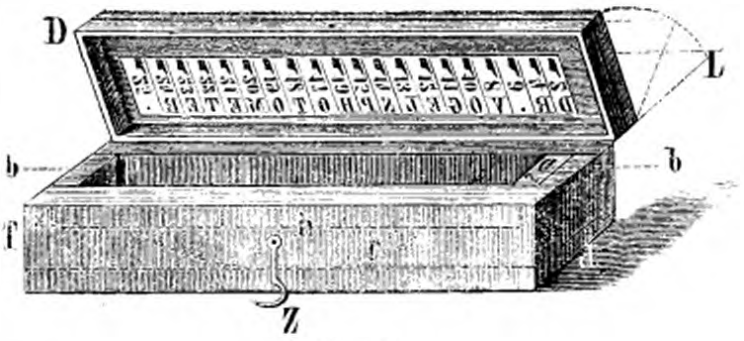


Fig. 97.

1) Abridgements of Specification relating to Photography. II. 1867—1876. S. 18.

2) Pogg. Ann. Bd. 134. S 146. Phot. Mitth. 1868. S. 292 u. 1882. Bd. 18, S. 266.

3) S. Vogel's Lehrb. d. Phot. Vogel-Sawyer, Pigment-Verfahren. 1877. Phot. Corresp 1868. Bd. 5, S. 36 190.

4) Durch 2 Minuten langes Schwimmen auf doppeltchromsaurer Kalilösung 4 : 100 erzeugt.

5) Chromatpapier ist empfindlicher als Silberpapier und soll deshalb bei Tageslicht nicht nachgesehen werden.

und beobachtet den Chromatpapierstreifen, so erkennt man die Stelle, bis zu welcher die Lichtwirkung fortgeschritten ist, an der daselbst erschienenen Zahl. Statt des Chromatpapieres können auch in ähnlicher Weise Chlorsilberpapiere Verwendung finden.

Mittlere Copirzeit für Negative mittels Pigmentverfahren, Grad 14; für dünne Grad 11, für dicke Grad 16 bis 20.

Diese Photometergrade stehen keineswegs im selben Verhältnisse, wie Thermometergrade; die höheren Grade zeigen ganz andere Lichtintensitäten als die tieferen an.

Nimmt man an, die Stärke des Lichtes werde beim Durchdringen einer einzigen Schicht auf $\frac{1}{n}$ seiner ursprünglichen Intensität reducirt, so wird die Intensität nach Durchdringung der zweiten Schicht $= \frac{1}{n^2}$, nach Durchdringen der dritten, vierten . . . und x^{ten} Schicht $\frac{1}{n^3}$, $\frac{1}{n^4}$, $\frac{1}{n^x}$ der ursprünglichen sein.

Construirt man demnach ein terrassenförmiges Streifensystem nachstehender Figur:

auf welches Licht von der Intensität $= 1$ fällt, so wird die Lichtintensität unter dem ersten Streifen $= \frac{1}{n}$, unter dem zweiten Streifen $= \frac{1}{n^2}$, unter dem dritten Streifen $= \frac{1}{n^3}$, unter dem vierten Streifen $= \frac{1}{n^4}$, unter dem x^{ten} Streifen $= \frac{1}{n^x}$ sein.

Die Lichtintensitäten unter diesem terrassenförmigen Streifensystem bilden demnach eine geometrische Reihe, in deren Glieder die Schichtenzahlen die Potenz-Exponenten sind.

Um die Constante n eines derartigen Scalenphotometers zu bestimmen, belichtet man eine Bromsilbergelatineplatte bei einem völlig constanten Lichte, z. B. einer Amylacetat-Normallampe entweder verschieden lange Zeit oder in verschiedenen Abständen, so dass man die bei zwei Versuchen wirkenden Lichtintensitäten J und i genau kennt; dann entwickelt man beide Platten unter völlig gleichen Bedingungen. Nehmen wir an bei der stärkeren Lichtwirkung J wirkt das Licht durch m Schichten von Papier, bei der schwächeren aber nur durch n Schichten, so findet man die Constante x nach der Gleichung:

$$x = \sqrt[m-n]{\frac{J}{i}}.$$

Z. B. war bei einem von Dr. Stolze geprüften Scalenphotometer eine darunter befindliche Platte bei constantem Lichte durch dieselbe Zeit einmal in $^1/_2$ m und dann in 6,0 m Abstand belichtet worden.

Für sein Photometer erhielt er die Zahl 18, resp. 8, daher das Verhältniss der Lichtintensitäten wie 144 : 1 und

$$x = \sqrt[18-8]{144} = \sqrt[10]{144} = 1{,}644.$$

Hat man auf solche Weise die Constante x festgestellt, so ist es leicht, sich mit Hilfe von Logarithmen eine Tabelle für die Werthe $x, x^2, x^3 \ldots\ldots x^n$ zu berechnen, welche dann zu den durch die Potenzexponenten bezeichneten Feldern des Photometers die verhältnissmässigen Lichtintensitäten ergeben. Hat man nun einmal diese sehr sorgfältig vorzunehmende Arbeit gemacht, so ist es später leicht, mit Hilfe einer einfachen Vergleichsbestimmung die Constante jedes anderen sorgfältig gearbeiteten Scalenphotometers zu finden. Kommt nämlich an dem bereits untersuchten Instrument die Zahl p, an dem anderen die Zahl q heraus, und hat entweder die Constante x, das zweite y, so gilt die Gleichung:

$$x^p = y^q,$$

woraus

$$y = x^{\frac{p}{q}}.$$

Für das Warnerke'sche Sensitometer (s. u.), welches Dr. Stolze mit seinem Photometer zugleich und in gleichem Abstand von der Lichtquelle belichtete, erhielt er:

bei der Hauptscala . . . . . die Zahl 15
„ seinem (Stolze's) Photometer . . . . . „ „ 9.

Es ergab sich demnach als Constante (y) für das Warnerke'sche Sensitometer:

$$y = \sqrt[15]{x^9} = 1{,}3474.$$

Gewöhnliches photographisches Achtkilopapier verschluckt beispielsweise in Einer Lage $^4/_5$ des auffallenden Lichtes, demnach geht nur $^1/_5$ durch, durch 2 Lagen $^1/_{25}$, durch 3 Lagen $^1/_{125}$, durch 4 Lagen $^1/_{625}$. Durchsichtiges oder mit Harzen transparent gemachtes Papier gibt allmählichere Uebergänge.

Das Scalenphotometer ist in den höheren Graden unempfindlich. Es ist sicherer dreimal bis Grad 18, als einmal bis Grad 23 zu copiren.

Vogel gibt für den Werth der Grade seines Photometers folgende Tabelle:

Grade	Angezeigte Lichtmenge	Grade	Angezeigte Lichtmenge
1	1,27	16	44,89
2	1,61	17	57,01
4	2,59	18	72,51
6	4,17	19	92,08
8	6,70	20	117,50
10	10,84	21	149,22
11	13,86	22	189,17
12	17,38	23	239,7
13	22,11	24	300,7
14	27,88	25	391,9
15	35,45		

Will man demnach ein Negativ, welches bei gewöhnlichen Bildern mit 13 Grad fertig copirt ist, doppelt so lange copiren lassen, d. h. die doppelte Lichtmenge darauf wirken lassen, so copirt man keineswegs $2 \times 13 = 26$, sondern nur bis 16 Grad.

Um vergleichbare Resultate zwischen den Anzeigen des Photometerpapieres und der Empfindlichkeit des Pigmentpapieres zu erhalten, ist es nothwendig, beide auf demselben Chrombad zu sensibilisiren. Darauf wies auch Stefanowski hin[1]). Er zeigte auch, dass ein mit weisser Gelatine überzogenes Papier die Ablesung der gebräunten Ziffern (besonders bei ganz schwachen, z. B. $^1/_2$ proc. Lösungen) schärfer, als gewöhnliches Papier, gestatte.

Weisses Filtrirpapier (Löschpapier), anstatt des gewöhnlich empfohlenen photographischen Rohpapieres, zur Herstellung der Chromat-Papierstreifen verwendet, bringt den Vortheil mit sich, dass es im Lichte eine weit intensivere Färbung annimmt und die Zahlen deutlicher erkennen lässt (Weissenborn). Dabei mögen aber Unregelmässigkeiten mit sich gebracht werden, weil das Filtrirpapier in nicht gleichmässiger Dicke vorkommt und deshalb mit dem Chromsalz verschieden stark imprägnirt wird.

E. Bernhardt construirte kurz nach Vogel ein Photometer nach demselben Princip, nur bediente er sich statt des Holzkästchens zweier schmaler, etwa 5 bis 6 Zoll langer Glasstreifen, von denen der eine etwa $1^1/_2$ Zoll vom Ende durchgeschnitten und mit Leder wieder so zusammengeklebt ist, dass eine Charniere entsteht. Mit zwei amerikanischen Klammern wird das ganze an beiden Enden zusammengehalten und bildet einen Copirrahmen en miniature. Auf das nicht entzwei geschnittene Glas klebte er nun die Scalenpapierscala und klemmte innen das sensible Papier ein[2]).

Ganz ähnlich dem Vogel'schen Photometer ist das Sawyer'sche Scalen-Photometer. Es hat dieselbe Scala, wie das Vogel'sche, nur sind die Papierlagen dicker, so dass es erst auf Grad 1 steigt, wenn das Vogel'sche auf 2 steigt; daher ist es weniger empfindlich, als letzteres, was sich namentlich in den höheren Graden bemerkbar macht. Das Sawyer'sche Photometer hat 10 Grade; es enthält nur eine Decke mit Scala, unter die ein Papierstreifen gelegt wird, das Kästchen *T* des Vogel'schen Photometers fehlt[3]).

Bing construirte 1868 nach dem Principe des Vogel'schen Photometers ein ähnliches mit einer Scala von Glimmerschichten, fand aber, dass es nicht hinlänglich sicher sei. Es zeigte sich z. B., dass beim Copiren desselben Negativs, bei gleichen Photometergraden, mit der Art der herrschenden Beleuchtung auch der Charakter der Positive (namentlich was Contraste anbelangt) wechselt[4]).

Oefters wurde die transparente Scala auch aus gefärbten Stoffen erzeugt:

1) Phot. Corresp. 1877. S. 78 und 207.
2) Phot. Archiv. 1868. S. 59.
3) Vogel und Sawyer, Das photographische Pigmentverfahren. 1877. S. 13.
4) Bing, On actinometry. 1868. Fortschritte d. Physik. 1868. S. 325.

Die „Heliotyp-Company" verwendet für ihr eigenthümliches Lichtdruckverfahren, ein Scalenphotometer aus dünnem gelben Wachstaffet (12 Schichten) und als sensibles Papier Chromgelatine. Mittlere Exposition bis Grad 10[1]).

J. A. Spencer's Actinometer für den Pigmentdruck besteht aus einem Holzkasten von 11 cm Länge, $4^1/_2$ cm Breite und $3^3/_4$ cm Höhe. Der Deckel ist doppelt d. h. der eigentliche Deckel ist von Holz und hat 12 kleine runde Löcher, in denen successive 1, 2, 3 etc. bis 12 Schichten von roth gefärbten Collodionhäutchen befestigt sind. Ueber diesen ist ein Metalldeckel angebracht. Im Innern des Kästchens befindet sich chromirtes Gelatinepapier. Man exponirt so lange, bis je nach der Dicke der Negative die 4. oder 5. Oeffnung (4 oder 5 rothe Schichten) eine merkliche Färbung des Papiers bewirkt hat[2]). [Dieses Photometer hat zu undurchsichtige Schichten, ist deshalb sehr unempfindlich. Eder.]

Fleury-Hermagis schlug 1876 für photometrische Zwecke ein Prisma von gelbem Glas, getheilt in neun Bande von wachsender Dicke, vor[3]).

Die Erzeugung der Photometerscala von abnehmender Transparenz wurde mehrfach auf photographischem Wege versucht.

Burton[4]) erzeugte eine Scala, indem er Pigmentpapier (mittels flüssiger Tusche *tingirt*) verschieden lange belichtete und zwar nahm er für jeden späteren Grad eine so lange Exposition, als die Summe der Exposition für alle vorhergehenden zusammen und der Exposition für Grad 1 (dieser wurde also zweimal summirt) betrug. Die Exposition war somit:

für Grad	Exposition	für Grad	Exposition
1	1	6	32
2	2	7	64
3	4	8	218
4	8	9	256
5	16	10	516

Sternfeld exponirte Pigmentpapier im Sonnenlichte durch ruckweises Verschieben von darüber gelegtem Carton im Sonnenlichte je 10 und 10 Secunden, so dass am Schlusse der Operation das Papier in parallelen Streifen 10, 20, 30 etc. Secunden belichtet war[5]). Stefanowski bemerkte mit Recht, dass dieser Vorschlag sehr practisch wäre, wenn nicht die grosse Schwierigkeit mit verschiedenen Präparaten und zu verschiedenen Zeiten gleichartige Scalen auf diesem Wege zu erhalten, die Herstellung gleichartiger Photometer unmöglich machen würde[6]).

Es ist nothwendig zu bemerken, dass ein 2, 3, 4mal länger als ein anderes belichtetes Pigmentpapier durchaus keine 2, 3, 4mal undurchsichtigere Schicht gibt (!), dass somit die Scalen von Burton und Sternfeld in keiner regelmässigen Reihenfolge undurchsichtiger werden und dass sie mithin die Regelmässigkeit des Vogel'schen Instrumentes vermissen lassen (vergl. S. 295).

Ein Vorwurf wurde den Scalenphotometern von Abney gemacht[7]), welcher indessen für den Practiker wenig von Belang ist. Er erwähnte nämlich, dass sie die ver-

1) Phot. Archiv. 1876. S. 55; aus Abney's „Instruction in Photography".
2) Phot. Arch. 1870. S. 333. 1871. S. 13 (daselbst Abbildung).
3) Bull. Soc. franç. Phot. Juli 1876. Phot. Corresp. 1876.
4) S. Johnston's Bericht Phot. News. 1874. S. 604.
5) Phot. Corresp. 1876. S. 126.
6) Ibid. 1877. S. 207.
7) Phot. News. 1876. No. 909. Bull. Assoc. Belge Phot. Bd. 2, S. 374.

schiedenen Strahlen in veränderlichen Verhältnissen je nach der Dicke der transparenten Schicht absorbiren, während man doch voraussetzt, dass die relativen Verhältnisse der einzelnen wirksamen Strahlen immer dieselben seien. Nehmen wir z B. an, dass die Substanz alle actinischen Strahlen absorbirt, ausgenommen drei Strahlen des Spectrums, welche wir α, β, γ nennen wollen und dass eine Schicht $^1/_2\,\alpha$, $^1/_3\,\beta$, $^1/_4\,\gamma$ passiren lasse und dass die relative actinische Kraft von α, β, γ oder ihr Vermögen Chlorsilber zu schwärzen, im Verhältniss 1:2:3 stände. Nachdem diese Strahlen die Schicht durchdrungen haben, kann die totale actinische Kraft gemessen werden durch:

$$\frac{1}{2} \times 1 + \frac{1}{3} \times 2 + \frac{1}{4} \times 3 = \frac{23}{12}$$

und nach einer zweiten Schicht:

$$\frac{1}{4} \times 1 + \frac{1}{9} \times 2 + \frac{1}{16} \times 3 = \frac{95}{144}.$$

Man sieht daraus, dass die erhaltenen Zahlen untereinander nicht als geometrische Progression oder etwas ähnliches erscheinen. Abney empfahl als transparentes Medium, welches alle Strahlen des Spectrums gleichmässig absorbirt, ein mit Platinchlorid (0,6 g pro Liter Wasser nebst etwas Salpetersäure) verstärktes Silbernegativ, welches durch Photographie eines in der Mitte sternförmig durchstochenen schwarzen Cartons erhalten wurde. Durch Drehen dieses Bildes wurde ein darunter gelegtes sensibles Papier in Form eines Kreises verschieden intensiv beleuchtet. (Vergl. S. 297.)

G) Röhrenphotometer.

Taylor[1]) umging die Scala des transparenten Mediums von zunehmender Undurchsichtigkeit und deren Fehler (s. S. 404) durch ein System von cylindrischen Röhren, welche verschiedene Lichtquantitäten durchliessen (vgl. S. 394).

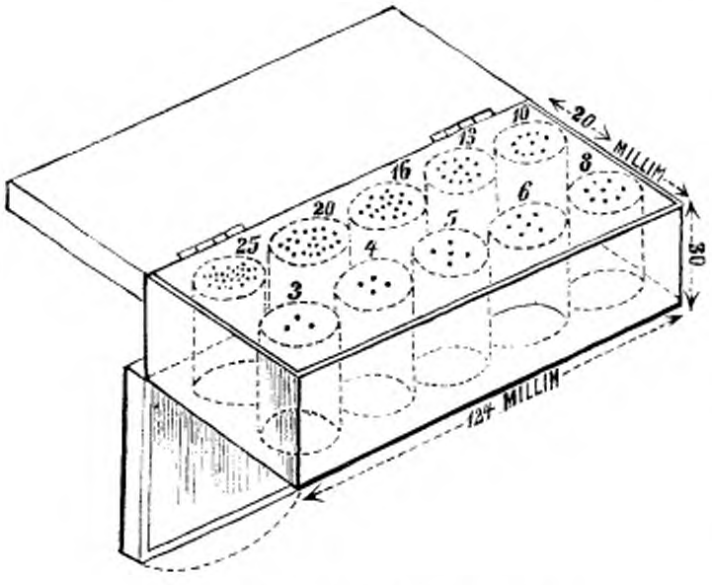


Fig. 98. Taylor's Röhrenphotometer.

Er nahm ein rechteckiges Holzbrettchen (Fig. 98) von 124 mm Länge, 58 mm Breite und 41 mm Dicke und durchbohrte dasselbe 12 mal, so dass cylindrische Oeffnungen von 20 mm Durchmesser und 40 mm Tiefe entstanden. Diese Bohrungen wurden mit dünnen Metallplatten geschlossen, welche eine verschiedene Anzahl von kleinen Löchern von à 2 mm (für Vogel's Sensitometer à $^3/_4$ mm) trugen und

3) Phot. News. 1869. S. 19. Phot. Mitth. Bd. 5, S. 284 und Bd. 18, S. 267.

zwar von 3 Löchern aufsteigend, 4, 5, 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25 Löcher[1]); bei Vogel's Sensitometer finden sich der Reihe nach 1 bis 24 Löcher vor und beträgt die Distanz der Scala von der empfindlichen Platte 10 cm.

Unter diesem Brettchen befand sich ein sensibilisirtes Papier, auf welches das Licht mit einer der Zahl der Bohrungen proportionalen Intensität wirkte. Um die geübte Lichtwirkung sicher zu messen, wurde das gedunkelte Papier mit einer abgestuften Normalscala von Färbungs-

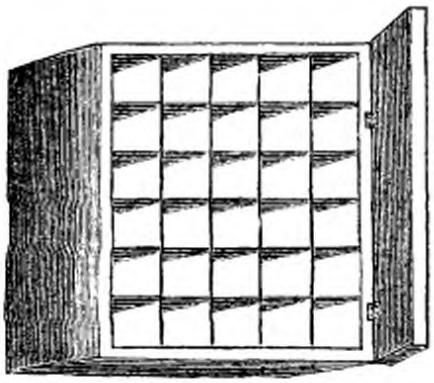


Fig. 99.

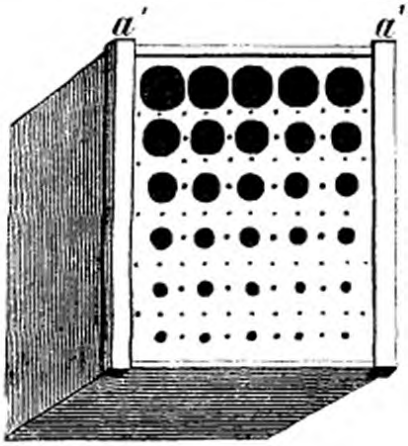


Fig. 100.

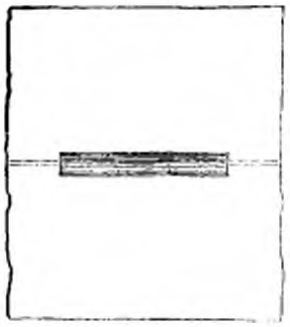


Fig. 101.

1	2	3	4	5
10	9	8	7	6
11	12	13	14	15
20	19	18	17	16
21	22	23	24	25
30	29	28	27	26

Fig. 102.

Photometer von Mucklow und Spurge.

graden verglichen. Die Normalscala kann durch Belichten von Chlorsilberpapier an einem klaren Julitage zur Mittagsstunde angefertigt werden.

Einen ähnlichen Weg hatte Roscoë eingeschlagen (s. S. 394).

Im Jahre 1881 kamen Mucklow und Spurge auf das Princip des Taylor'schen Photometers zurück[2]). Ihr Instrument enthält eine Anzahl

1) Taylor zieht diese Construction der Benutzung von Diaphragmen mit je einer Oeffnung von verschiedenem Durchmesser vor, weil der Einfluss der Diffractionserscheinungen mehr beseitigt ist.

2) *The photogr. Journal.* 1881. S. 44.

von Röhren oder Kammern (Fig. 99). Die obere Seite dieser Röhren ist durch eine undurchsichtige Platte verschlossen, in welche Löcher von verschiedenem Durchmesser gebohrt sind, so dass über jedes Röhrenende eine runde Oeffnung kommt (Fig. 99). In der Führung a' und a' (Fig. 100) gleitet ein Schieber (Fig. 101), welcher den Verschluss der Oeffnungen gestattet. An der entgegengesetzten Seite des Kästchens befindet sich eine Platte mit Ziffern, welche die Reihenfolge der Röhren bezeichnen. Zum Gebrauche legt man eine empfindliche Platte mit Ziffern-Eintheilung des Kästchens (Fig. 102) unter, verschliesst es dann, kehrt die mit der durchlöcherten Platte versehene Seite gegen das Licht, öffnet den Schieber und exponirt bestimmte Zeit. Die Lichtintensitäten am Ende der Röhren verhalten sich, wie die Quadrate der Halbmesser der runden Löcher. (Natürlich muss man sich möglichst gegen Reflexe im Innern des Apparates schützen.)

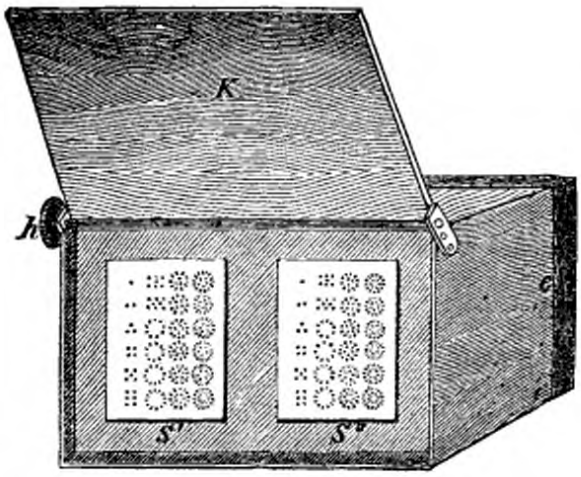


Fig. 103. Vogel's Sensitometer.

H. W. Vogel bemerkt mit Recht, dass das Röhrenphotometer zur Messung der Expositionszeit zu Copirzwecken, z. B. beim Pigmentverfahren, nicht practisch ist, weil es sich allzu lichtschwach erweist und den grossen Nachtheil hat, dass es nur von dem Theil des Himmels beleuchtet wird, der senkrecht über demselben liegt, während die Copirrahmen, die damit controlirt werden sollen, auch von den tiefer liegenden Theilen des Himmels Licht erhielten. Wohl aber erweist sich das Instrument sehr brauchbar als Sensitometer (s. unten).

Als sehr gutes ist das Röhrenphotometer von H. W. Vogel zu bezeichnen und zwar ist es eine Modification des Taylor'schen Photometers (S. 411). Vogel bringt zwei Photometer nebeneinander an, so dass das Doppelinstrument durch eine Klappe geöffnet und geschlossen werden kann (s. Fig. 103). Es werden nun die zu vergleichenden empfindlichen Platten in den Apparat gelegt und auf eine gleichmässig erhellte Fläche exponirt. Der Himmel erscheint aber bei Bewölkung nicht gleichmässig hell: ausserdem ist dieses Licht für Bromsilbergelatine-Platten zu intensiv und Dämpfung durch matte Scheiben erweist sich als unpractisch, weil letztere nicht gleichmässig herzustellen sind. Vogel wählte deshalb einen mit weissem photographischem Rohpapier überzogenen Reflectorschirm. Er stellte denselben (S) in hinreichender

Entfernung einem nach dem freien Himmel sich öffnenden Fenster (F) gegenüber (Fig. 104).

Nun hängt die Wirkung eines solchen Schirmes auf das Sensitometer sehr wesentlich von der Entfernung beider ab. Vogel befestigte den Reflectorschirm von 40 cm Quadrat auf einem horizontalen Brett L (Fig. 105) in einer Distanz = 1 m vom Sensitometer. Der hintere Theil des Sensitometers ist analog der Cassette construirt. Die runden Röhren

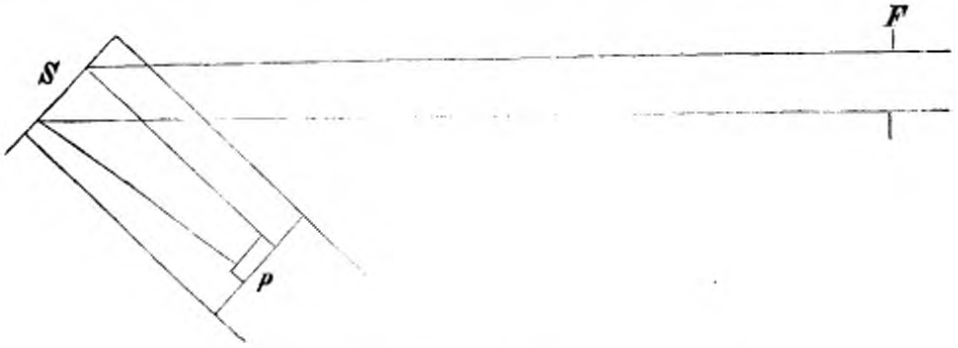


Fig. 104. Beleuchtung des Reflectorschirmes.

vor dem Cassettentheile sind mit einer Kupferplatte gedeckt, in welcher Zahlen eingeschnitten sind, welche die Anzahl der darüber befindlichen Löcher angeben. Man exponirt nun beide zu prüfenden Platten gleichzeitig durch einige Secunden, entwickelt und fixirt sie zugleich. Die

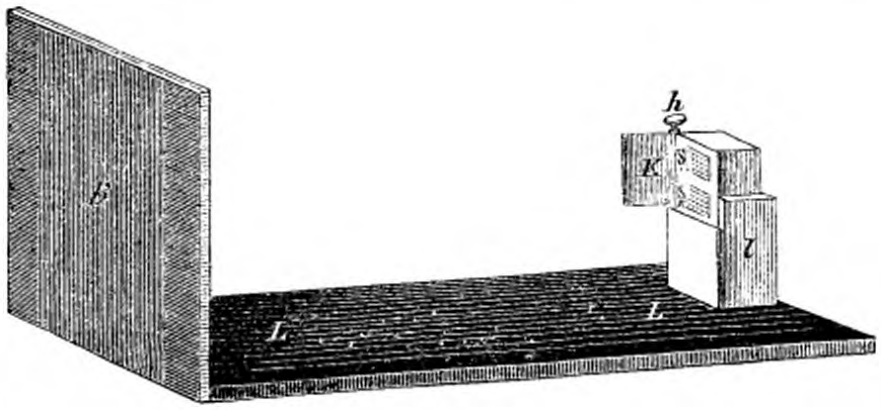


Fig. 105. Vogel's Sensitometer.

Empfindlichkeit der Platten verhält sich direct wie die erschienenen Zahlen. Z. B. ist eine Platte, auf welcher die Zahl 6 erscheint, zweimal empfindlicher als eine andere, auf welcher 3 erscheint.

Vogel benutzt dieses Instrument auch zur Messung der chemischen Intensität des Lichtes, Vergleichung verschiedener Lichtarten, Bestimmung der Helligkeit im Atelier etc.

Bing zog folgendes „Röhrenphotometer" dem Scalenphotometer vor. Er nahm eine Röhre, welche an einem Ende offen, an dem anderen verschlossen war; der Einblick ins Innere dieser Röhre war durch inactinische gelbe Glaswände gestattet. An der einen

inneren Seite befand sich ein Streifen empfindliches gesilbertes Papier. Brachte man nun den Apparat ans Tageslicht, so schwärzte sich zuerst der unmittelbar neben der Oeffnung befindliche Theil des Papieres; weiter in der Tiefe war die Wirkung immer schwächer und schwächer. Neben dem sensiblen Papier befand sich ein Streifen von gefärbtem Normalpapier. Nun wurde z. B. 10 Minuten belichtet; es war in dem einen Falle die Normalfärbung 3 cm von der Oeffnung entfernt erfolgt, bei schwächerem Licht z. B. erst in 2 cm. Durch das gelbe Glas konnte man jeden Augenblick in den Apparat einsehen und das Uebereinstimmen der Färbungen vergleichen[1]) (Ist nicht so genau wie Taylor's Apparat.)

H) Combination der vorhergehenden Methoden.

Es wurde auch vorgeschlagen, das Scalenphotometer mit einer Normal-Schwärzungsscala zu combiniren. Dabei ist die Möglichkeit ge-

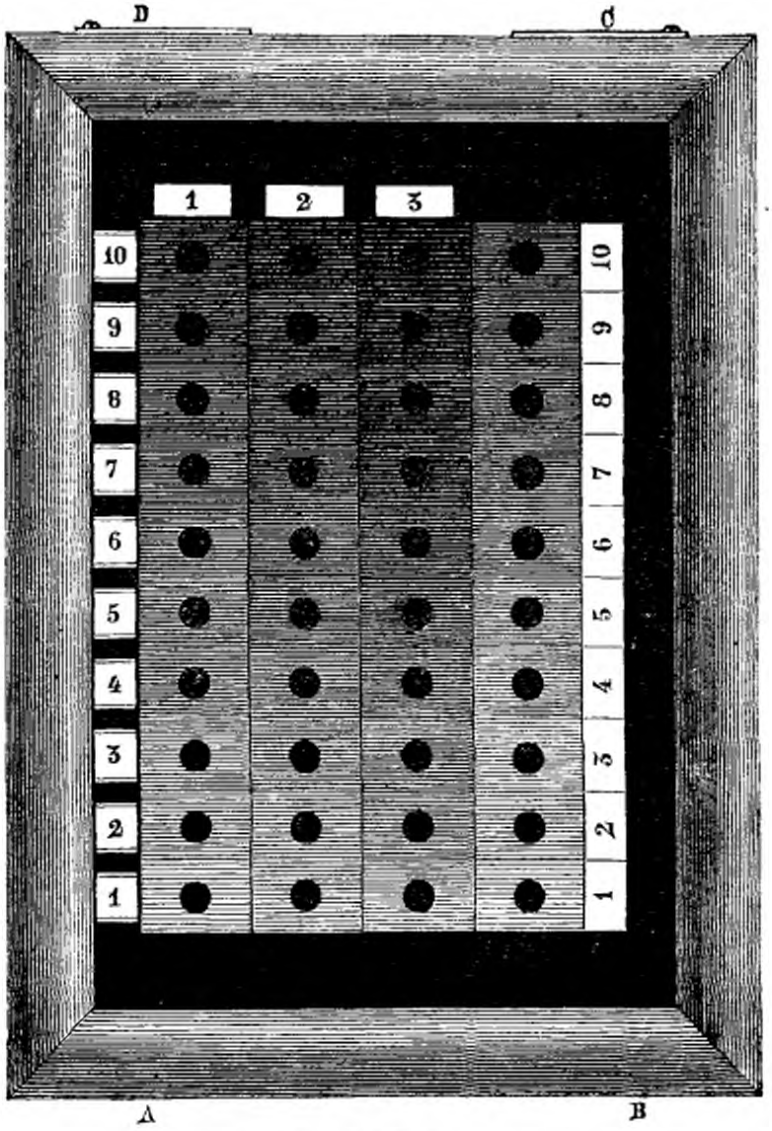


Fig. 106. Vidal's Photometer.

boten am directen Lichte 10 oder mehrere Normalfärbungsgrade auf Chlorsilberpapier zu erzeugen, dann aber ferner noch ähnliche Färbungsgrade mittels absichtlich geschwächten Lichtes zu erzielen.

1) Phot. News. 1868. S. 416 und 422.

Namentlich Vidal arbeitete in dieser Richtung am weitesten.

Vidal's Photometer (für Pigmentdruck, Vergrösserungen in der Camera etc.) ist in seiner neuesten Form folgendermassen construirt[1]): Es besteht aus drei Reihen (Scalen) von Farbenabstufungen, wovon jede mit einer Anzahl von Glimmerblättern bedeckt ist, derartig, dass der Grad der Durchsichtigkeit einer jeden Glimmerschicht zu der anderen in einem gewissen Zusammenhang steht (s. Fig. 106). Ein gelbes Glas kann zwischen den Rahmen der Büchse (*A B*, *C D*) geschoben werden, so dass es der Reihe nach eine jede der Scalen 1, 2 und 3 bedecken kann, wodurch die Durchlässigkeit der Glimmerschichten für chemische Strahlen vermindert werden kann. Jede der Farbennuancen der drei Reihen hat in der Mitte ein rundes Loch und der gesuchte Grad ist erhalten, wenn ein Stück darunter gelegtes Chlorsilberpapier dieselbe Färbung, wie ein Färbungsgrad der Scala, erhalten hat. — Um die Grade des Vidal-schen Photometers zu bestimmen, wählt man einen hellen Sommertag zwischen 11 und 1 Uhr und exponirt ein Stück Chlorsilberpapier unter dem Photometer in der Sonne genau 5 Secunden; die so erhaltene Färbung gibt den Grad 2 der Scala 1 (1/2). Ein neues Papier wird nun 10 Secunden exponirt; dieses gibt Grad 4 (1/4). Man erhält die ganze Scala durch folgende Expositionen:

	Grad		Grad
— Min. 5 Sec.	1/2	3 Min. 30 Sec.	2/2 mit gelbem Glas
— „ 10 „	1/4	4 „ — „	1/4 „ „ „
— „ 15 „	1/6	5 „ — „	1/5 „ „ „
— „ 20 „	1/7	6 „ — „	1/6 „ „ „
— „ 25 „	1/8	7 „ — „	1/7 „ „ „
— „ 30 „	1/9	8 „ — „	3/2 „ „ „
— „ 40 „	1/10	9 „ — „	2/5 „ „ „
— „ 50 „	2/8	10 „ — „	1/8 „ „ „
1 „ — „	3/4	12 „ — „	2/6 „ „ „
1 „ 10 „	3/5	15 „ — „	2/7 „ „ „
1 „ 20 „	3/6	20 „ — „	2/8 „ „ „
1 „ 30 „	3/7	25 „ — „	3/5 „ „ „
1 „ 45 „	3/8	30 „ — „	3/6 „ „ „
2 „ — „	3/9	40 „ — „	3/7 „ „ „
2 „ 15 „	3/9	50 „ — „	2/9 „ „ „
2 „ 30 „	3/10	60 „ — „	3/8 „ „ „
3 „ — „	1/3 mit gelbem Glas		

Es erscheint als eine Vereinfachung dieses Apparates, denselben in einzelne getrennte Theile zu zerlegen, wovon ein jeder einen gewissen Scalentheil vorstellt (s. Fig. 107).

Wenn man mittels des Photometers Negative copiren will (nach dem Pigmentverfahren) so ermittelt man den Grad, bis zu welchem man exponiren muss und copirt nach diesem alle Abdrücke.

Als empfindliches Papier benutzt Vidal haltbares sensibilisirtes Albuminpapier von stets gleicher Darstellungsweise.

Um für Copirverfahren mit Chromsalzen mit seinem Photometer ganz genaue Angaben zu bekommen, vergleicht Vidal die Wirkung des Lichtes auf sein Photo-

1) Vidal, Traité pratique de Photogr. au charbon. 1877. S. 31. Auch Bull. Soc. franç. 1872. S. 232.

meter-Silberpapier mit jener auf Chrompapier, welches auf derselben Chromlösung sensibilisirt ist, wie die jeweiligen Pigmentpapiere. *Dieses Instrument nennt er „Graduateur des rapports“* (s. Fig. 108). Es besteht aus einem Stück Glas, über welches man, mit Ausnahme eines runden Loches in der Mitte, ein Stück bräunliches Papier geklebt hat, welches eine Farbe besitzt, wie sie beim Exponiren eines weissen, mit Kaliumbichromat *gebadeten Papieres nach 2 Minuten Exposition im zerstreuten* Tageslicht erhalten wird. Man exponirt nun zu gleicher Zeit ein Stück Chrompapier[1]) hinter dem „Graduateur“ und Chlorsilberpapier im Photometer und ermittelt nun, bis zu welchem Grade das Chlorsilberpapier exponirt werden muss, damit zu gleicher Zeit das Chrompapier die Normalfärbung erhält.

Nehmen wir an, einmal zeige das Silberpapier im Photometer Grad 3/4 bis das Chrompapier die Normalbräunung annimmt, ein anderes Mal aber (z. B. im Winter,

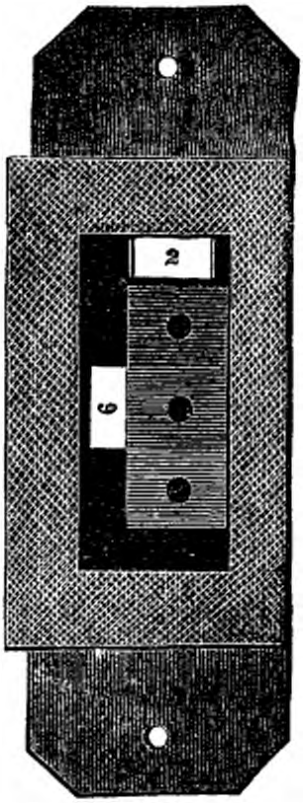


Fig. 107. Vidal's Photometer.

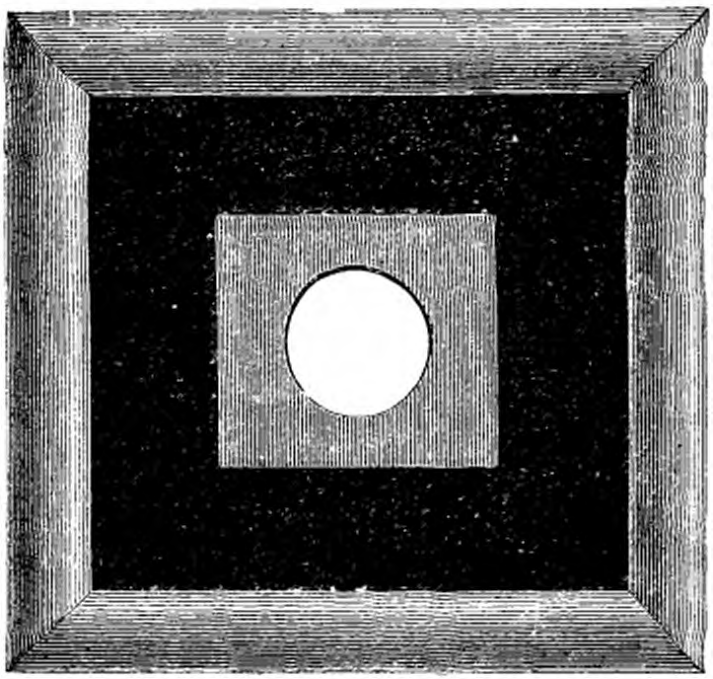


Fig. 108. Vidal's Graduateur.

mit schwachen Chrombädern) Grad 3/9, so geht aus der oben gegebenen Tabelle hervor, dass das letztere eine doppelt so lange Exposition braucht. Durch dieses Mittel ist die Möglichkeit geboten, zwischen Chrom- und Silberpapier annähernd vergleichbare Zahlen zu erhalten.

Monckhoven[2]) gab ein Photometer an, welches eine Modification des englischen Photometers ist. Auch er copirt auf eine bestimmte Farbennuance des Chlorsilberpapieres, kann aber den Lichtzutritt zum Papier vermehren oder vermindern und beobachtet, welches Lichtquantum nothwendig ist, diesen Effect zu erzielen.

Eine Büchse von Holz (s. Fig. 109) FGE von ungefähr 8 cm im Quadrat ist mit einem Deckel GF versehen, in welchem ein viereckiges Stückchen Glas eingefügt

1) Man kann auch Papier gelatiniren (mit 15 Proc. Lösung), in der Chromlösung baden und als Vergleichspapier wählen.

2) Monckhoven, Pract. Behandlung der Kohlenphotographie. 1876. S. 36.

ist; dieses ist innen mit einem schwarzen Papier beklebt, in dessen Mitte man eine kleine Oeffnung von 5 mm × 1 cm ausschneidet. In der Büchse befindet sich eine sensibilisirte Papierrolle von 1 cm Breite und 50 cm Länge. Das Ende dieser Rolle wird nun durch eine kleine Oeffnung, die von aussen an der Büchse angebracht ist, herausgezogen und durch ein auf ein Stückchen Holz geklebtes Stückchen Sammet gegen das Glas des Deckels festgedrückt. Wenn man nun das Ende der Rolle *J* weiter herauszieht, verschiebt man die vom Lichte gefärbte Stelle. Das Photometer ist bis dahin dem englischen Photometer (s. S. 400) identisch, nur dass es kein angestrichenes Glas hat. Auf diese Büchse jedoch setzt man die zweite *A G*, welche man leicht wegheben kann. Diese zweite Büchse ist oben mit einem matten Glase versehen, über welches ein Messingdeckel *H* geschoben wird, der den Apparat schliesst. Man theilt die obere Partie der zweiten Büchse in zehn Theile, so dass man den Messingdeckel immer an bestimmte Punkte schieben kann. Schieben wir z. B. den Deckel auf Nr. 5, dies wäre mit der Hälfte der Oeffnung des matten Glases übereinstimmend. Indem man nun das Photometer dem Lichte aussetzt, erhält man einen Ton, welcher beinahe dem gleichkommt, welchen man braucht, um ein mittleres Negativ auf Kohlepapier zu copiren; es ist klar, dass, wenn man ein mehr härteres Negativ hat, man nur den Messingdeckel etwas mehr schliessen darf, oder aber, wenn man ein weicheres Negativ zu machen hat, man den Deckel etwas mehr aufzieht.

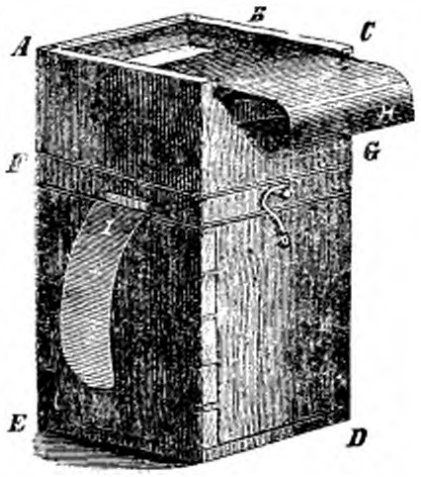


Fig. 109. Monckhoven's Photometer.

Das empfindliche Papier macht Monckhoven mittels Papier Saxe oder Rives (nicht präparirt) und taucht es durch 2 Minuten in eine Lösung von 100 g Meersalz in 2 Liter Wasser. Nach dem Trocknen sensibilisirt er in einer Lösung von 100 g Silbernitrat in so viel Wasser, dass die Lösung 2 Liter ausmacht. Die Blätter werden in ein grosses Becken mit frischem Wasser gelegt, um das überschüssige Silbernitrat zu entfernen, dann getrocknet und in Streifen von 1 cm auf 57 cm Länge geschnitten. Dies Papier hält sich wunderbar weiss, ist aber zu wenig empfindlich; man legt deshalb in das Photometer ein erbsengrosses Stück kohlensaures Ammon (durch mehr würde das Papier vergilben) eingewickelt in ein Stückchen Josephspapier; dasselbe wird bei jedem Bande erneuert, da es verdunstet und dann weniger wirkt. Wenn man das Band erneuert, so ist es gut, es am Abend zu thun und auch gleich das kohlensaure Ammoniak hinein zu thun, damit das Silberpapier Zeit hat, sich damit zu sättigen.

X. Elektrische Photometer.

1. Selenphotometer. Die von Sale entdeckte Eigenschaft des Selens in krystallinischem Zustande, bei der Belichtung ein besserer Leiter der Elektricität zu sein als im Dunkeln, wurde zuerst von Rolls (1875) zur Verwendung bei Construction eines Photometers anempfohlen.

Fast gleichzeitig mit Rolls gründete auch W. Siemens[1]) auf die Abhängigkeit des Widerstandes des Selen vom Lichte die Construction

1) Dingler 217, 61. Jahrb. Chem. 1875. S. 112.

eines elektrischen Photometers, nachdem es ihm gelungen war[1]), durch lange Erhitzung des amorphen Selen bis nahe zu seinem Schmelzpunkt (auf 210 Grad C.) oder durch Auskrystallisirenlassen aus der langsam abgekühlten geschmolzenen Masse, eine Modification desselben darzustellen, welche besser leitet als gewöhnliches Selen, weit mehr vom Licht beeinflusst, von Wärmestrahlen nicht wesentlich afficirt wird und seine Eigenschaften ziemlich constant beibehält. Ausserdem nimmt die Leitungsfähigkeit dieser Modification mit steigender Temperatur ab. Die Lichtintensitäten werden durch dieses Instrument unabhängig von der Farbe galvanometrisch bestimmt.

Siemens gab seinem Apparate folgende Einrichtung: Die Zwischenräume von zwei kleinen flachen Drahtspiralen wurden mit grobkörnigem krystallinischen Selen angefüllt und zwischen zwei Glimmerblättchen eingeschlossen. Die Enden der Spiralen standen mit einander, mit einer Daniell'schen Zelle und einem Galvanometer in leitender Verbindung. Das Selenpräparat befand sich am Boden eines kurzen Rohres, welches mit seiner Oeffnung gegen die zu untersuchende Lichtquelle gerichtet wurde. Zum Vergleiche zweier Lichtquellen, z. B. einer Gasflamme und einer Normalkerze wurde das Rohr zuerst gegen eine derselben gerichtet und die Ablenkung der Nadel notirt, dann gegen die andere gewendet und deren Entfernung derart regulirt, dass die Ablenkung der Nadel den gleichen Werth wie zuvor erreichte. Aus der Entfernung der beiden Lichtquellen liessen sich nach bekannter Art die Stärkeverhältnisse der beiden Flammen berechnen.

Leon Vidal[2]) modificirte das Selenphotometer, indem er für den Selenreceptor die Form adoptirte, welche Bell[3]) bei seinem Photophone angewendet hatte.

Der Receptor bestand aus abwechselnden Lagen von Messing und Glimmerblättchen, welche zwischen zwei flachen Reophoren aus Kupfer zusammengepresst wurden. Die Glimmerblättchen waren etwas kleiner als die Messingblättchen. Das Ganze wurde stark erwärmt und mittels einer Stange Selen bestrichen; das durch die Wärme weich gewordene Selen füllte die zwischen Rändern der Messingblättchen vorhandenen Rinnen. Dieser Receptor, in einer Holzbüchse *C* (Fig. 110) eingeschlossen, wurde mit einem Galvanometer *B* in die Leitung *E* eines elektrischen Stromes eingeschaltet; *D* ist der Deckel der Büchse, welcher bei der Belichtung entfernt wird; *A* die Elektricitätsquelle.

---

1) Poggend. Ann. 156, S. 334.

2) Moniteur de la Phot. J. 20 (1881), S. 11.

3) „Revue scientifique" vom 27. Septbr. 1880: Photophone Bell par A Bréguet. — Brit. Journ. of Phot. 1881. S. 22.

So lange der Receptor im Dunkeln blieb, zeigte es sich, dass das Selen dem Durchgange des Stromes einen bedeutenden Widerstand entgegenstellte, ohne dass jedoch die Leistungsfähigkeit = 0 gewesen wäre; dem Lichte ausgesetzt jedoch, steigerte sich die Leistungsfähigkeit im Verhältnisse zur Intensität des Strahlenbündels, welches man auf den Apparat wirken liess. Die Empfindlichkeit des Instrumentes war so gross, dass jede noch so kleine Aenderung der Lichtintensität, wie etwa durch den Schatten eines rasch vorbeieilenden Körpers hervorgebracht, sich durch Ablenkung der Nadel kundgab.

Der Leitungswiderstand des Selen für Elektricität wird am meisten nach Adams im grünlichgelben Lichte vermindert; die sogenannten „chemischen Strahlen", Violett und Ultraviolett, sowie die dunklen Wärmestrahlen sind von geringem Einfluss. Während die gewöhnliche Flamme des Bunsen'schen Brenners nur eine sehr geringe Veränderung

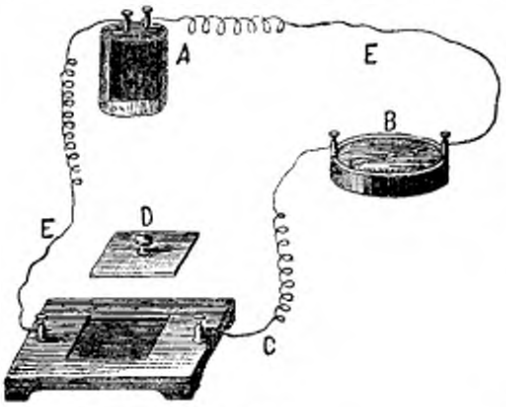


Fig. 110.

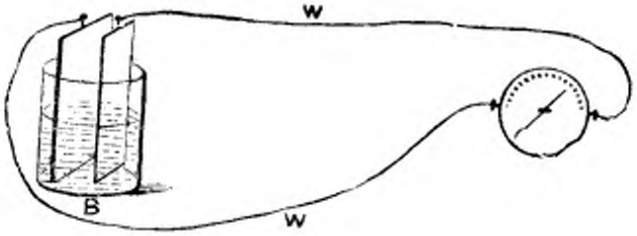


Fig. 111.
Apparat zur Nachweisung photo-elektrischer Ströme.

bewirkt, vermindert sie, durch Schliessen der Luftlöcher leuchtend gemacht, den Widerstand um $^1/_4$; selbst eine gewöhnliche Wachsstockflamme von nur $^1/_{40}$ der Lichtstärke der vorigen verminderte den Widerstand um $^1/_8$; volles Mondlicht um etwa $^1/_{40}$ [1]).

Da es jetzt vollständig nachgewiesen ist, dass die Hauptwirkung des Lichtes auf das Leitungsvermögen nicht im brechbaren, sondern im rothen Theil des Spectrums liegt [nach Sale im Roth [2]), nach Adams im Grüngelb] und Blau, Violett und Ultraviolett fast gar nicht wirken, so ist Selen als photographisches Photometer ziemlich werthlos [3]).

2. Becquerel's elektro-chemisches Actinometer beruht auf einem ganz anderen Princip. Becquerel schloss: jede chemische Action zwischen zwei Körpern erregt einen elektrischen Strom, das Licht übt eine chemische Wirkung, somit kann es Anlass zur Entstehung eines

1) Adams, London. R. Soc. Proc. 23, 535. Jahrb. Chem. 1875. S. 112.
2) Proc Roy. Soc. 1873. Bd. 21, S. 283. Poggend. Annal. Bd. 150, S. 333.
3) Phot. News. 1881. S. 219. Phot. Wochenbl. 1881. S. 177.

Stromes geben. Er fand in der That, dass, wenn von zwei in einer Flüssigkeit befindlichen Chlorsilberplatten (Fig. 111, *B*) die eine belichtet wird, zwischen beiden ein elektrischer Strom circulirt, welcher die Magnetnadel eines Galvanometers ablenkt.

Die ersten Versuche mit photo-elektrischen Strömen machte E. Becquerel im Jahre 1839 (s. Seite 188).

Gestützt auf die gemachten Erfahrungen, construirte Becquerel (1841) sein elektro-chemisches Photometer[1]), welches, wie aus der Fig. 112 ersichtlich ist, aus einem Glasgefässe RR von 6 cm Länge, 6 cm Höhe und 5 cm Breite besteht, in welchem mittels der Stützen AA' die Platten LL' schwebend erhalten werden. Die zwei Säulen AA' sind isolirt und endigen nach abwärts in zwei Knöpfe BB_1, an welchen die Drähte des Galvanometers befestigt werden. Der ganze Apparat wurde durch einen lichtdicht schliessenden Deckel MNM_1 zugedeckt, welcher an einer zu den Platten parallelen Seitenfläche eine Belichtungsöffnung enthielt (in der Fig. 112 durch die Platte L gedeckt), deren Weite durch die Schraube O regulirbar war. Durch diese Einrichtung war es möglich, nur eine Platte der Lichtwirkung auszusetzen, während die andere im Dunkeln verblieb.

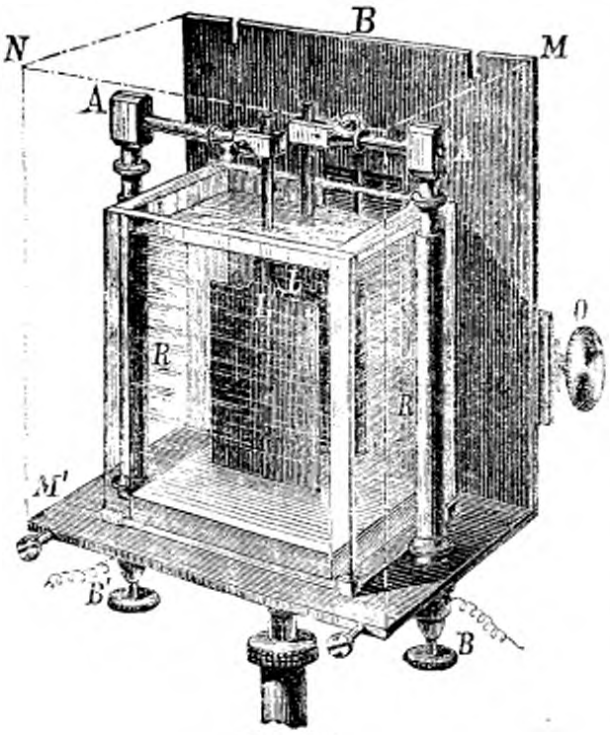


Fig. 112.

Die Bedingungen, welche zu erfüllen waren, um mit diesem Apparate die besten Resultate zu erhalten, waren folgende:

1. Je empfindlicher das Galvanometer, desto ausgesprochener die Erscheinungen. Ein Instrument, wie es Ruhmkorff mit einer Drahtlänge von 3000 Windungen construirte, genügt vollkommen; bessere Resultate jedoch gibt ein Apparat mit 20000 bis 25000 Windungen.

2. Die Lösung des Photometers muss gut leiten, jedoch nicht die empfindliche Schicht angreifen; eine Mischung von 2 g Schwefelsäure-Monohydrat und 100 g Wasser gab die besten Resultate.

3. Die Silberplatten dürfen keine Legirung enthalten und überdies derselben Präparation unterzogen werden. Sie dürfen nicht polarisirt und sollen so identisch wie möglich sein. Trotz aller Vorsichten konnte Becquerel eine anfängliche Polarisation nicht vermeiden, welche verursacht, dass bei dem im Finstern zusammenge-

1) Becquerel, La lumière, ses causes et ses effets. Bd. II, S. 121. (Auch Pizzighelli, Actinometrie. S. 151.)

stellten Apparat nach Schliessung der Leitung eine starke Ablenkung der Magnetnadel nach der einen oder der anderen Richtung stattfand. Vor Beginn der Experimente musste Becquerel 6, 12 bis 48 Stunden warten, bis die Nadel in die Ruhestellung gekommen war. Behufs Vermeidung von Zeitverlusten hatte Becquerel mehrere Plattenpaare in Vorrath, welche er in Contact zu einander in angesäuertem Wasser aufbewahrte.

Becquerel verwendete bei diesem Photometer Schichten von Jod-, Brom- und Chlorsilber, mit Vorliebe jedoch dickere Schichten von Silbersubchlorür[1]), nachdem diese Substanz die regelmässigsten Wirkungen hervorbrachte und innerhalb derselben Grenzen wie die Retina des Auges für die Strahlen von verschiedener Brechbarkeit empfindlich ist.

Bei Beobachtung der oben erwähnten Vorsichtsmassregeln zeigte der Apparat eine bedeutende Empfindlichkeit und waren die durch das Licht hervorgebrachten Wirkungen ziemlich constant. Trotz der kleinen Oberfläche der Platte waren die durch das Sonnenlicht erzielten Effecte so bedeutend, dass Becquerel nur einen kleinen Bruchtheil der Platte den Wirkungen desselben auszusetzen brauchte, um eine Deviation der Nadel des Galvanometers von 20 bis 30 Grad zu erzielen. Das Licht einer Kerze auf 10 cm von der Platte aufgestellt, bewirkte eine Ablenkung von 12 bis 15 Grad.

Bei Anwendung der Flamme einer Carcel-Lampe zeigte die Nadel im Anfange der Belichtung eine Ablenkung von 14 Grad, nach 1 Stunde 16 Grad, nach 2 Stunden 14 Grad, nach 3 Stunden 13 Grad; die Wirkung war daher als ziemlich constant zu bezeichnen. Aus diesen und mehreren anderen, auch mit Sonnenlicht ausgeführten Experimenten, wies Becquerel nach, dass, wenn die Belichtung jedesmal nur von kurzer Dauer war (1—2 Minuten), der Apparat den ganzen Tag über auf gleicher Empfindlichkeit erhalten und zu mehreren Beobachtungen benutzt werden konnte

Nach Becquerel's eigenem Ausspruche könnte jedoch die Deviation der Nadel oder die Intensität des elektrischen Stromes nicht als proportional der chemischen Reaction und mithin auch der Intensität des Lichtes gedacht werden; sie diente nur um nachzuweisen, ob die chemische Intensität des Lichtes unter gewissen Umständen grösser oder kleiner war, als unter anderen.

Mit dem elektrochemischen Actinometer untersuchte Becquerel auch die Wirkungen, welche die verschiedenen Theile des Spectrums auf Jodsilber und violettem Silbersubchlorür ausüben. Er fand für Jodsilber, vom rothen Ende ausgehend, den Beginn der Wirkung bei F und das Maximum der Wirkung zwischen G und H; über H hinaus nimmt selbe bis P ab, über P hinaus war keine Wirkung bemerkbar. Begann er jedoch seine Untersuchungen vom ultravioletten Ende des Spectrums an, so erhielt er bei E eine mehr ausgesprochene Wirkung als im früheren Falle; es zeigten sich sogar bemerkbare Effecte in Gelb, Orange und Roth. Ueber A hinein war kein Effect bemerkbar. Durch Wiederholung der Operation waren die Wirkungen in den weniger brechbaren Strahlen noch auffälliger; diese Erhöhung der Wirkung in den weniger brechbaren Strahlen zwischen A und F überschritt jedoch eine gewisse Grenze

---

1) Becquerel bereitete sich das Silbersubchlorür entweder durch Eintauchen der Silberplatte in eine verdünnte Lösung von Kupferbichlorid oder durch Einwirkung des elektrischen Stromes auf die in eine verdünnte Salzsäurelösung getauchte Silberplatte, wobei letztere als positive Elektrode fungirte. Nach vollendeter Chlorirung erwärmte er die Platte auf 150 bis 200 Grad bis zur Erzielung der eigenthümlichen Rosafarbe, welche deren Empfindlichkeit für die sichtbaren Strahlen des Spectrums sicherte.

nicht und war das Maximum nicht grösser als das Maximum bei den brechbaren Strahlen. Die Ursache dieser Erscheinung war nach Becquerel darin zu suchen, dass, wenn die Beobachtungen vom rothen Ende begonnen wurden, das Jodsilber noch keinen Lichteindruck erhalten hatte, während im entgegengesetzten Falle dasselbe durch die vorangegangene Wirkung der brechbaren Strahlen für die wenigen brechbaren empfindlich wurde. Letztere bezeichnete Bunsen als „rayons continuateurs", weil sie selbst nicht im Stande wären, eine Wirkung auszuüben, sondern nur eine, wenn auch noch so schwache vorhergegangene Wirkung fortzusetzen[1]).

Aehnliche Ergebnisse erhielt Becquerel bei seinen Versuchen mit Silbersubchlorür. Die folgende Tabelle enthält einige Resultate, welche er mit Jodsilber und Silbersubchlorür erhielt (jene im Maximum der Wirkung gleich 100 angenommen), sowie die Leuchtintensitäten der einzelnen Regionen des Spectrums, wie sie von Fraunhofer bestimmt wurden:

Sonnenspectrum		Leuchtkraft	Elektrische Intensität	
Hauptfarben	Hauptlinien		Mit vorbelichtem Jodsilber	Mit Silbersubchlorid
Aeusserstes Roth	*A*	nicht wahrnehmbar	5	kaum wahrnehmbar
Rothorange	*B*	3,2	20	20
„	*C*	9,4	32	35
Gelb	*D*	64,0	68	75
Grün	*D*	100	68	75
	D	Maxim. ungefähr bei 0,3 *DE* von *D* aus	100 Maxim. bei 0,6 *DE* von *D* aus	100 Maximum bei 0,6 *DE*
	E	48,0	75	85—90?
Anfang des Blau	*F*	17,0	25	73
	F	17,0	20 Minimum bei *F* zwischen *F* und *G*	73
Indigo	*G*	3,1	65	19
	G	3,1	100 Maxim. ungefähr 0,4 *GH* von *G* aus	19
Aeusserstes Violett	*H*	3,1	72	kaum wahrnehmbar
	I	0,6	40	„
	M	0,6	27	„
	N	0,6	17	„
	O	0,6	13	„
	P	0,6	5	„
	P	0,6	5	„

Obwohl die Intensitäten der elektrischen Ströme nach Becquerel nicht zum Messen der chemischen Intensität des Lichtes verwendet werden können, so dienen sie doch dazu, um die Lage der Maxima und Minima der Wirkung und um die Aus-

1) Ueber die Erscheinung, welche Bunsen und Roscoë als photochemische Induction bezeichneten, s. Seite 291.

dehnung der wirksamen Theile des Spectrums auf die auf den Silberplatten befindlichen lichtempfindlichen Substanzen zu beurtheilen.

Ein übersichtliches Bild dieser Wirkungen gibt die folgende graphische Darstellung (Fig. 113) der Werthe dieser Tabelle:

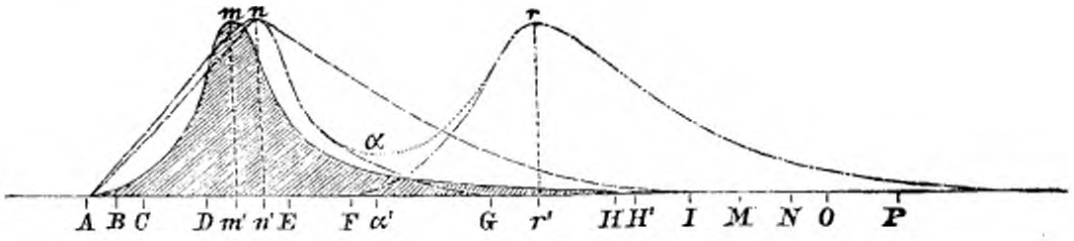


Fig. 113.

AmH ist die Curve der Lichtintensitäten;

AnH ist die Curve der elektrischen Intensitäten bei Anwendung von Silbersubchlorür;

$AnrP$ ist die Curve der elektrischen Intensitäten bei Anwendung von vorbelichtetem Jodsilber; wurde letzteres nicht vorbelichtet, so stellt PrF allein die Curve der elektrischen Intensitäten dar.

Das Elektro-Actinometer von Becquerel wurde von Egoroff neuerdings studirt und gefunden, dass dieser Apparat als Photometer wirkt, wenn man zwischen ihm und der Lichtquelle ein die ultravioletten und ultrarothen Strahlen absorbirendes Medium setzt. Er bestimmte auch die elektromotorische Kraft des Actinometers in absolutem Masse vermittelst des Lippmann'schen Elektrometers. Es ergab sich z. B., dass das directe Licht der November-Mittagssonne, durch einen Spalt von 30 mm auf ein Actinometer mit jodirten Silberplatten fallend, eine elektromotorische Kraft von $^1/_{15}$ Daniell erzeugt. Eine Petroleumlampe auf 20 cm Entfernung erzeugt nur 0,004 Daniell.

Auch Dewar untersuchte die Wirkung des Lichtes auf die Entstehung photoelektrischer Ströme unter Benutzung verschiedener Lösungen in Becquerel's Apparat; er fand unter Anderem, dass Ferrocyankalium, Urantartrat, eine Mischung von seleniger und schwefeliger Säure in Gegenwart von Salzsäure besonders wirken. (Naturforscher, 1878. Bd. II, S. 454. — Proceedings of Royal Soc. Bd. 27, S. 187.)

Auch Minchin befolgte (1880) einen ähnlichen Vorgang wie Becquerel (Pizzighelli, Actinometrie).

[Ueber andere photo-elektrische Erscheinungen siehe diesen Band, III. Capitel, Seite 188.]

Gouy und Rigollot veröffentlichen (Compt. rendus. Bd. 106, S. 1470. Chemiker-Zeitung. 1888. S 181) folgende Beobachtung. Taucht man oxydirtes Kupfer in die Lösung eines Chlorides, Bromides oder Jodides, so zeigt sich die elektromotorische Kraft sehr empfindlich gegen Lichtstrahlen. Taucht man z. B. zwei Kupferbleche, von denen das eine oxydirt ist, das andere blank, in gesättigte Kochsalzlösung, so hat dieses Element im Dunkeln eine elektromotorische Kraft von einigen Hunderteln Volt, wobei das oxydirte Blech den Positivpol bildet; im Lichte wächst die elektromotorische Kraft, indem das oxydirte Blech stärker positiv wird. Das blanke Blech ist fast ganz unempfindlich gegen Licht. Man kann auch zwei oxydirte Bleche benutzen, wovon man das eine belichtet. Die Wirkung des Lichtes zeigt sich sofort mit der Belichtung und verschwindet mit dem Aufhören der Beleuchtung. Der Apparat scheint für alle farbigen Lichtstrahlen empfindlich zu sein. Die Bromide verhalten sich ähnlich, wogegen Jodide die Empfindlichkeit etwas vermindern.

Zur Herstellung der oxydirten Bleche erhitzt man Kupferblech über einem Bunsen-Brenner bis das anfängliche Irisiren einer gleichmässigen Farbe Platz macht.

Das Element erhält sich am Tageslichte mehrere Stunden ohne wesentliche Veränderung.

XI. Das Radiometer.

Das Radiometer (Lichtmühle) von Crookes (im Jahre 1874 erfunden), bei welchem ein leichtes Kreuz in einer luftleeren Glaskugel durch die Lichtstrahlen windmühlenartig bewegt wird (s. Fig. 114), ist mehr Thermometer als Photometer. Es ist deshalb als photographisches Actinometer zur Bestimmung der Expositionszeit unbrauchbar, wie Seifert in einer ausführlichen Abhandlung[1]) zeigte, trotzdem es von Vidal und in veränderter Form von Zöllner, welcher sich auf einige Versuche des Photographen Naumann stützte, als Photometer im Atelier empfohlen wurde. Auch Olivier construirte ein registrirendes Photometer auf dieser Basis (Beibl. Annal. Phys. Chem. 1888. S. 848. Compt. rend. Bd. 106, S. 840). So fand Abney[2]), dass das Radiometer, den ultrarothen Strahlen ausgesetzt, in einer Minute 38 Umdrehungen, den rothen 19, den orangegelben 4, den grünen 1 und den übrigen Strahlen des Spectrums ausgesetzt, gar keine Umdrehungen machte.

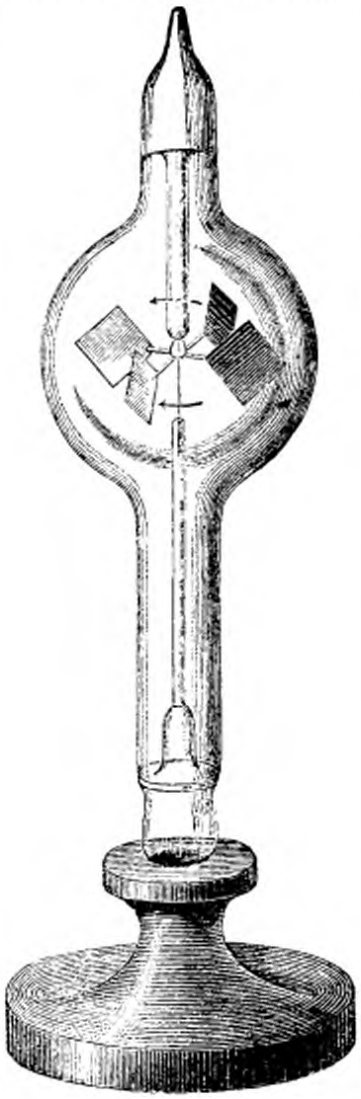


Fig. 114.

Crookes[3]) selbst fand beim Aussetzen des Radiometers in die verschiedenen Strahlen des Spectrums das Maximum der Wirkung im Ultraroth; wird diese gleich 100 gesetzt, so ergeben sich nach Crookes für die Strahlen der anderen Farben folgende Verhältnisszahlen: Aeusserstes Roth 85, Roth 73, Orange 66, Gelb 57, Grün 41, Blau 22, Indigo $8^1/_2$, Violett 6, äusserstes Violett 5.

XII. Das Phosphorescenz-Photometer.

Warnerke[4]) versuchte phosphorescirende Substanzen zur Photometrie zu verwenden. Er schloss phosphorescirende Farbe (Schwefel-

1) Phot. Corresp. 1879. S. 60.

2) Bull. Soc. franç. Phot. 1876. S. 90.

3) Seifert a. a. O.

4) Phot. News. 1880. S. 63. Phot. Corresp. 1880. S. 31.

calcium) zwischen zwei Glasplatten ein und exponirte diese in einer verschliessbaren Büchse durch einige Secunden dem Lichte; die bestrahlte Stelle wird leuchtend und zwar um so mehr, je intensiver das einwirkende Licht war. Nun wird die Helligkeit der phosphorescirenden Fläche durch eine Schicht von steigender Undurchsichtigkeit (nach Art der Scalenphotometer) mittels einer Lupe gemessen. Die Intensität der phosphorescirenden Fläche nimmt nach der Bestrahlung rasch ab; man

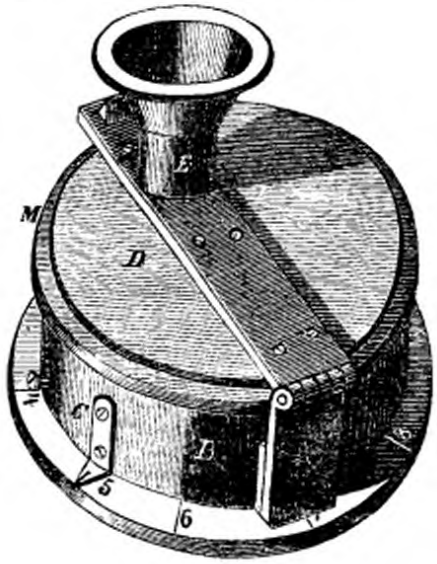


Fig. 115.

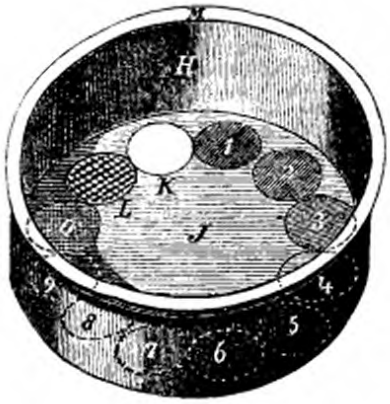


Fig. 116.

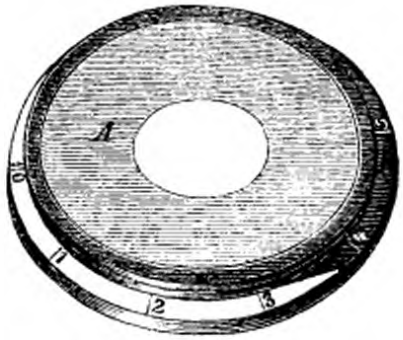


Fig. 117.

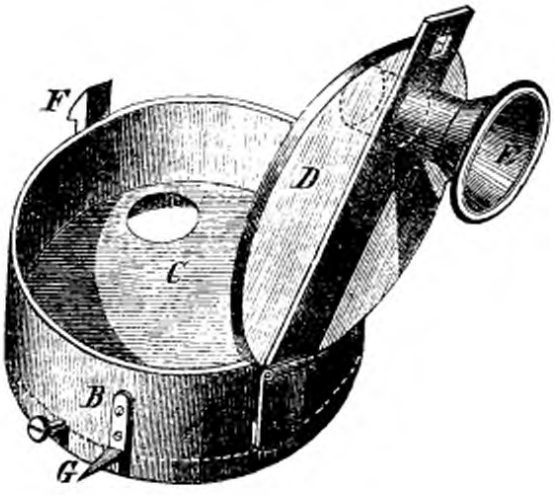


Fig. 118.

Warnerke's Phosphorescenz-Actinometer.

liest deshalb nach einer bestimmten Zeit (z. B. 30 bis 60 Secunden) ab. Das Phosphorescenz-Photometer gibt die Intensität der actinischen Strahlen ganz gut an; es ist empfindlicher als irgend eines (siehe Fig. 115 bis 118).

Warnerke gab dem Instrument folgende Einrichtung: *A* ist eine kreisförmige Scheibe von $2^1/_2$ Zoll Durchmesser, auf welcher die phosphorescirende Substanz zwischen zwei Glasplatten hermetisch eingeschlossen und auf einem hölzernen Träger befestigt ist. Das Messing-

rohr *B* mit der Scheidewand *C* wird über die Scheibe *A* gestellt und ist durch kleine Schrauben und eine entsprechende Vertiefung in dem Holztheile der Scheibe *C* in der Weise befestigt, dass es gedreht werden kann. Die Scheidewand *C* hat eine kreisförmige Oeffnung von $^1/_2$ Zoll Durchmesser. An dem Rohre *B* ist ein Deckel *D* befestigt, der ein kleines Vergrösserungsglas oder Telescop *E* trägt, ferner ein Zeiger *G*. Die Scheidewand *C* ist so eingerichtet, dass nur ein kleiner Theil der phosphorescirenden Substanz bei jeder Beobachtung dem Lichte ausgesetzt wird. Der Zeiger *G*, welcher bei einer auf dem Rande der Scheibe *A* angebrachten Zahl steht, zeigt, welcher Theil der Scheibe erregt wurde. Das Messingrohr *H* ist im Innern des Rohres *B* eingepasst und hat einen Boden *J*, der aus zwei Scheiben von dünnem Glas hergestellt ist, zwischen welche eine durchscheinende Substanz in solcher Weise vertheilt wird, dass der Beobachter mit Hilfe des durchgelassenen Lichtes, welches durch eine Serie von kreisförmigen Scheiben von wachsender Undurchsichtigkeit tritt, eine helle Zahl in der Mitte eines dunklen Grundes sieht. Es sind 10 solche, mit Zahlen versehene Scheiben angebracht, *L* und *K* tragen keine Zahlen. *L* ist mit einer Substanz von grüner Farbe geschlossen, *K* ist vollkommen durchsichtig und farblos. Fig. 115 stellt das vollständige Actinometer vor.

Beim Gebrauche wird die Feder *F* gedrückt und der Deckel *D* geöffnet. Das Rohr *H*, welches leicht mit Hilfe des hervorstehenden Randes *M* gedreht werden kann, wird so gestellt, dass der kreisförmige Ausschnitt *K* genau über die Oeffnung in der Scheidewand *C* zu stehen kommt. Das Licht kann nunmehr frei auf die phosphorescirende Substanz einwirken. Nach der Exposition wird der Deckel *D* geschlossen, der Trichter *E* des Fernrohres so weit als möglich dem Auge genähert und mittels des hervorstehenden Ringes *M* das Rohr *H* gedreht; die aufeinanderfolgenden Nummern werden durch das Fernrohr wahrgenommen werden, jedoch mit stets abnehmender Intensität, bis zuletzt eine Nummer erreicht wird, die nicht mehr wahrgenommen werden kann. Die zuletzt wahrgenommene Nummer gibt selbstverständlich die Intensität des Lichtes an. Soll die nächste Beobachtung angestellt werden, so ist mit Rücksicht auf die mögliche Fortdauer des Leuchtens an der früher verwendeten Stelle vorzuziehen, einen anderen Theil der Fläche zu verwenden und zu diesem Ende wird die Holzscheibe so lange gedreht, bis der Zeiger *G* bei der nächsten an derselben angebrachten Nummer steht. Zehn Expositionen können in der angedeuteten Weise nach einander stattfinden. Wenn jedoch die Beobachtungen so rasch auf einander folgen, dass nach der letzten Exposition die zuerst exponirte Stelle der Scheibe noch leuchtet, so kann man zum Process des

Auslöschens seine Zuflucht nehmen, indem man durch die Oeffnung *L*, welche mit rothem oder grünem Glase bedeckt ist, das Licht einwirken lässt.

Das Phosphorescenz-Photometer fand trotz seiner sinnreichen Ausführung keinen Eingang in die Praxis. Zum Theil ist die Schwierigkeit, sich gleichmässig phosphorescirende Substanzen zu verschaffen, die Ursache davon. (Vergl. S. 432.)

XIII. Photometer zur Bestimmung der richtigen Exposition beim Copiren.

Das Bedürfniss, die Expositionszeit im positiven Copirprocess zu bestimmen, machte sich erst geltend, als man sich dabei solcher photographischer Papiere bediente, welche nicht durch die blosse Besichtigung erkennen liessen, ob sie genügend lange dem Lichte ausgesetzt waren.

So lange der positive Silbercopirprocess ausschliesslich herrschte, war nach practischen Photometern keine Frage. Erst als das Pigmentverfahren, der Lichtdruck und ähnliche Methoden Eingang in der Praxis fanden, wurde die Aufmerksamkeit auf solche Apparate gelenkt.

In Deutschland und Oesterreich wird fast ausschliesslich das Vogelsche Scalenphotometer (s. S. 405) verwendet. Auch in anderen Orten haben die Scalenphotometer die weiteste Verbreitung gefunden und ausserdem werden noch solche Photometer verwendet, welche man summarisch „Büchsenphotometer“ nennt und die Seite 400 ausführlich beschrieben wurden.

XIV. Sensitometer. Apparate zur Ermittelung der relativen Empfindlichkeit photographischer Präparate.

Die Apparate zur Prüfung der relativen Empfindlichkeit photographischer Präparate sind den Actinometern nachgebildet; obschon man jedes Scalenphotometer oder Büchsenphotometer etc. zur Bestimmung der relativen Lichtempfindlichkeit zweier oder mehrerer photographischer Platten benutzen kann, wenn man bei constanter Lichtquelle und Belichtungszeit arbeitet, so wurden dennoch eigene „Empfindlichkeitsmesser“ oder „Sensitometer“ construirt, welche sich zu diesem Zwecke besonders eignen.

In der Regel bestimmt man die Lichtempfindlichkeit einer photographischen Platte nach der geringsten Lichtmenge, welche nothwendig ist, um einen sichtbaren Eindruck (Lichtbild) auf die Platte zu bewirken. Steigt von diesem schwächsten Eindrucke an, bei weiterer Belichtung, die Gradation in regelmässiger Weise, allmählich stärker werdend, an, so

ist diese Art der Empfindlichkeitsmessung ganz einwandfrei. Ist jedoch dieser schwächste Lichteindruck sehr gering und wächst die Intensität des Lichtbildes bei 2—3mal stärkerer Belichtung nicht in einem solchen Masse, dass eine deutliche „Gradation" eintritt, so entsteht in leicht begreiflicher Weise keine gut abgestufte Photographie. Diese entsteht erst dann, wenn genügend kräftige Schwärzungen der photographischen Platte eintreten, so dass copirfähige, abgetönte Bilder entstehen. Deshalb erscheinen mitunter Platten im Sensitometer sehr empfindlich, d. h. sie geben bei sehr schwachem Lichte einen sichtbaren Lichteindruck; wenn jedoch dieses schwache Bild zu dünn ist, um copirt werden zu können, und man die Belichtung wesentlich verlängern muss, um ein genügend kräftiges Bild zu erhalten, so ist diese Platte in der Praxis nicht mehr als so empfindlich zu bezeichnen. Man sagt in diesem Falle „die practische Empfindlichkeit der Platten in der Camera" ist nicht so gross, wie die „Sensitometer-Empfindlichkeit". Es hängt also die erstere bis zu einem gewissen Grade auch von der „Gradation" der Platten ab (s. Bd. I, Seite 296 und 304, ferner Bd. III, Seite 143).

A) Anwendung von Scalenphotometern zur Sensitometrie. — Warnerke's Sensitometer.

Brice suchte mittels einer Art Scalenphotometer die Empfindlichkeit der photographischen Präparate zu erproben, indem er in der Camera das Bild irgend eines Gegenstandes aufnahm, aber hierbei unmittelbar vor die sensibilisirte Platte ein Scalenphotometer brachte. Dasselbe bestand darin, dass eine Glasplatte mit ringförmig concentrischen, allmählich gegen den Rand zu undurchsichtiger werdenden transparenten Medien belegt war, in der Mitte aber eine runde Oeffnung unbedeckt blieb. Das erzeugte Negativ wurde gegen den Rand zu immer schwächer oder verschwand ganz; je empfindlicher nun das photographische Präparat, desto weiter gegen den Rand hinaus erschien das Bild. Brice nahm im August 1876 sogar hierauf ein Patent[1]).

Wortley beschrieb 1876 einen Apparat zur Erprobung der Empfindlichkeit von Platten[2]). Er benutzte verschieden dichte Schichten von Papier (16 an der Zahl), hinter welchen er die Platten bei Gaslicht exponirte.

Warnerke griff später (1880) dieselbe Idee auf und nannte den Apparat zur Erprobung der Empfindlichkeit „Sensitometer", welcher allgemein gebräuchlich wurde.

Am meisten Anwendung zur Bestimmung der Empfindlichkeit von photographischen Platten, insbesondere der Handelssorten von Bromsilbergelatine, fand das Warnerke-Sensitometer, welches trotz mancher Unvollkommenheiten für die Anforderungen der photographischen Praxis hinlänglich genügt. Jedenfalls geschah durch die Einführung dieses

---

1) Abridgments of Specifications relating to Photography. 1867—1876. S. 168.

2) Phot. News. 1876. S. 304; gelesen vor der „Photogr. Society of Great Britain". Auch News. 1881. S. 92.

Sensitometers ein wichtiger Schritt zu einer allgemein verständlichen und leicht auszuführenden Form der Messung der Empfindlichkeit der Platten.

Warnerke's Sensitometer[1]) bestand ursprünglich aus einer Glasplatte, welche schachbrettartig in 16 numerirte Felder getheilt war. Diese Felder waren dann mit 1, 2, 3 etc. bis 16 Lagen Seidenpapier oder mit halbdurchsichtigen Gelatinehäutchen beklebt. Jedes Feld trug eine Nummer, welches die Zahl der Lagen ausdrückt und repräsentirte so verschiedene Grade der Durchsichtigkeit. Deckte man dieses Photometer auf eine empfindliche Platte und setzte es eine bestimmte Zeit dem Lichte aus, so rückte die Lichtwirkung unter den halbdurchsichtigen numerirten Lagen um so weiter vor, je empfindlicher die Platte war.

Später (1881) stellte Warnerke die transparente Scala dadurch her, dass feines (0,03 mm dickes) Papier stufenweise von 1 bis 25 Lagen auf einer quadratischen Glasplatte mit Eiweiss aufgeklebt wurde. Nach dem Trocknen machte Warnerke einen Abguss von Spence's Metalle davon und nun wurden von dieser Form in einer besonderen Presse (nach Art des Woodburydruckes) mit Gelatinefarbe von rein schwarzem Ton die Abdrücke auf Glasplatten gefertigt. Dann wurden die auf Papier durch Buchdruck hergestellten Zahlen darauf abgeklatscht und, um sie undurchsichtiger zu machen, bronzirt. Die nun gefirnisste Platte ist das Sensitometer, wie es gegenwärtig in den Handel kommt.

Die mittlere Undurchsichtigkeit der einzelnen Nummern geht aus der folgenden Tabelle hervor; es sei bemerkt, dass dieselben Ziffern die jeweilige relative Lichtempfindlichkeit der Plattensorten angeben.

Sensitometer-Nummern	Mittl. Undurchsichtigkeit der einzelnen Felder (Nummern)	Sensitometer-Nummern	Mittl. Undurchsichtigkeit der einzelnen Felder (Nummern)
1	1	14	36
2	$1^1/_3$	15	48
3	$1^3/_4$	16	63
4	$2^1/_3$	17	84
5	3	18	110
6	4	19	145
7	5	20	192
8	7	21	253
9	9	22	334
10	12	23	440
11	16	24	580
12	21	25	765
13	27		

1) Originalform: Phot. Mitth. Bd. 17, S. 242. Phot. News. 1880. S. 217. Verbesserte Form: Phot. News. 1881. S. 92. Phot. Wochenbl. 1881. S. 79.

Die Fig. 119 und 120 stellen Warnerke's Sensitometer dar. Eine copirrahmenähnliche Vorrichtung *A* trägt an Stelle der sonst üblichen Glasscheibe eine Platte *C*, auf welcher die Scala, wie oben angegeben, durch Woodburydruck hergestellt wurde. Durch den Schieber *D* kann der Rahmen vorne geschlossen werden. Die zu untersuchende empfindliche Platte wird nach Entfernung des Deckels *E* (Fig. 120) auf die Sensitometerplatte aufgelegt und nach Schliessen des Deckels durch die Feder *e* an selbe gepresst. Die Glasplatte, welche die als Lichtquelle dienende phosphorescirende Farbe trägt, passt genau in den Falz *a* des Rahmens *A* und wird durch die Reiber *bb* festgehalten.

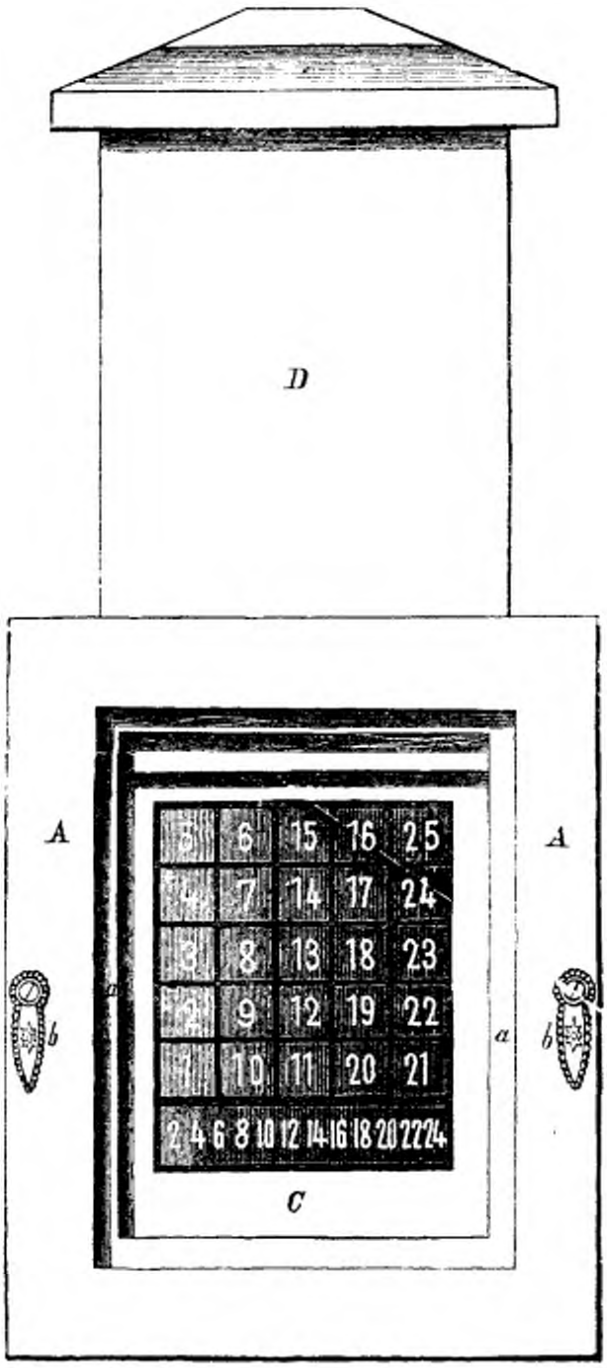


Fig. 119.

Beim Gebrauch des Instrumentes wird bei geschlossenem Schieber *D* die empfindliche Platte, wie oben erwähnt, eingelegt und nach dem Schliessen des Deckels *E* und des Schiebers *D* die phosphorescirende Platte der Einwirkung des Lichtes, eines brennenden Magnesiumbandes von $2^1/_2$ cm Länge, welches so nahe als möglich gehalten wird, ausgesetzt. Die leuchtende Platte wird nun in das Sensitometer gebracht und nach Verlauf von genau 1 Minute die Exposition durch Herausschieben des Schiebers *D* bewerkstelligt. Die Exposition dauert 30 Secunden. Die zu untersuchenden, auf ganz gleiche Weise im Sensitometer belichteten Platten werden dann gleichzeitig und so lange entwickelt, als eben noch ein Lichteindruck zum Vorschein kommt. Die höchste nach dem Fixiren noch mit Bestimmtheit ablesbare Zahl gibt dann für jede Platte den entsprechenden Empfindlichkeitsgrad. Um aus denselben die Expositionsdauer für jede Plattengattung zu bestimmen, dient die jedem Sensitometer beigegebene Vorrichtung Fig. 121. Sie besteht aus zwei um einen gemeinsamen Mittelpunkt drehbaren Cartonscheiben, deren correspondirende Segmente mit Zahlen beschrieben sind; der kleinere Kreis (*A*) hat an der Ziffer 1 entsprechenden Stelle einen Ausschnitt, unter welchem die auf dem grösseren Kreise (*BB*) befindlichen Zahlen bei der Drehung nach einander sichtbar werden (in der Figur die Zahl 16). Die Bedeutung der Zahlen, sowie die Art, das Instrument zu gebrauchen, wird aus Folgendem ersichtlich werden. Angenommen, man hätte vier Platten untersucht, welche nach der Entwickelung, beziehungs-

weise die Grade 16, 14, 13, 10 gezeigt hatten. Man dreht nun den grossen Kreis so lange, bis der höchste der gefundenen Grade, hier also 16, unter dem Ausschnitte des kleineren Kreises zu liegen kommt; sucht man nun auf der Zahlenreihe des kleinen Kreises die anderen gefundenen Grade, also hier 14, 13 und 10, so wird man ihnen entsprechend, auf dem grossen Kreise die Zahlen $1^3/_4$, $2^1/_3$, 5 finden. Diese bedeuten, dass die Emulsion mit dem Empfindlichkeitsgrad 16, $1^3/_4$ mal, respective $3^1/_3$ mal, resp. 5 mal empfindlicher ist als die anderen. Hätte also eine Aufnahme mit der Emulsion 16 beispielsweise 6 Secunden benöthigt, so würden unter denselben Verhältnissen die anderen Emulsionen $10^1/_2$", resp. 14", resp. 30" erfordern.

[Ueber die Verwendbarkeit dieses Instrumentes für die Prüfung von Bromsilbergelatineplatten siehe Bd. III, Seite 138 dieses Werkes].

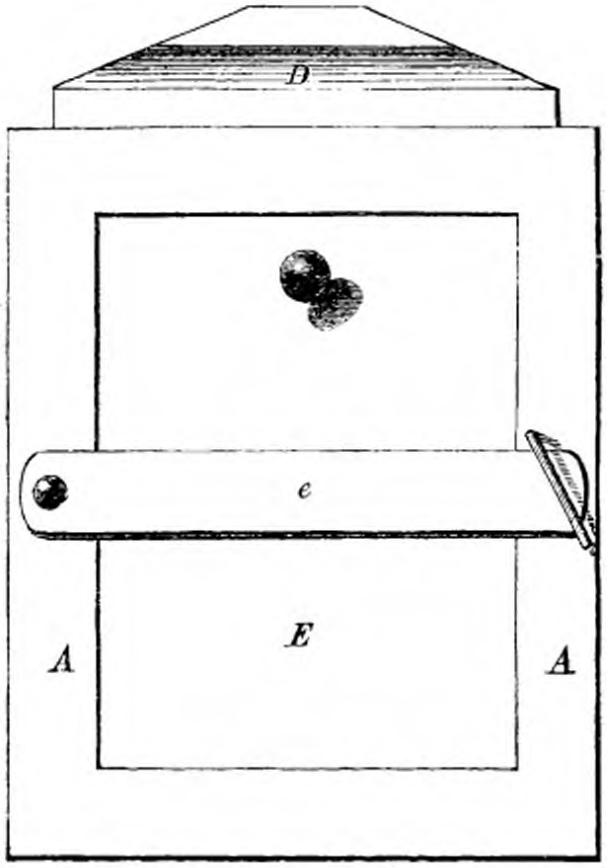


Fig. 120.

Die mit Warnerke's Sensitometer unter Benutzung von Phosphorescenzlicht gefundenen relativen Empfindlichkeitszahlen verlieren zum Theile ihre Gültigkeit, wenn man am Tageslichte arbeitet. Bei ein und derselben Art von photographischen Platten, z. B. bei Bromsilbergelatine ist diese Differenz gering; verwendet man aber z. B. nasse Collodionplatten und vergleicht ihre Sensitometer-Empfindlichkeit mit einer Bromsilbergelatineplatte, so erscheint erstere viel weniger empfindlich als letztere, während sie beim Arbeiten in der Praxis (also bei Tageslicht) nicht so weit zurücksteht.

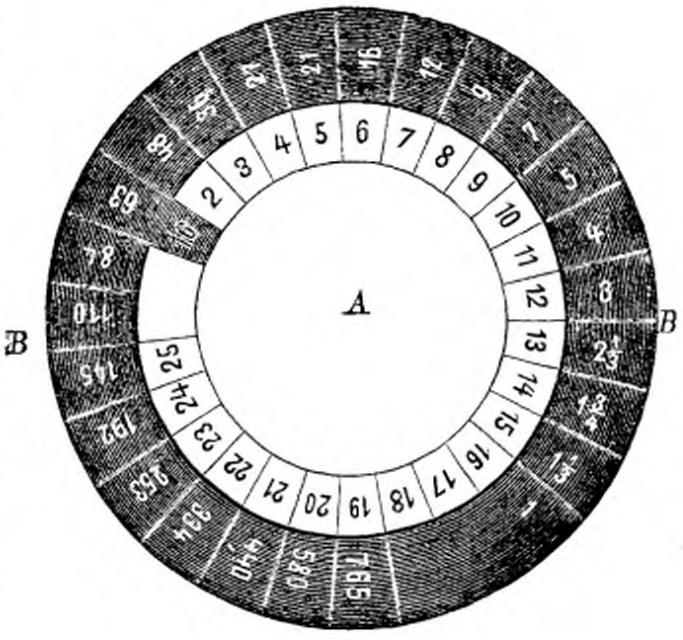


Fig. 121.

Andererseits kommt bei der Prüfung einer Erythrosinplatte im Warnerke-Sensitometer die Gelbempfindlichkeit gar nicht zum Ausdrucke, weil die phosphorescirende Leuchtplatte nur blaues Licht ausstrahlt; die Folge davon ist, dass man einen zu niedrigen Empfindlichkeitsgrad findet[1]).

Das Warnerke-Sensitometer mit der Phosphorescenz-Tafel ist deshalb zur Prüfung orthochromatischer Platten unbrauchbar, weil man zu niedrige Zahlen findet; ersetzt man die Leuchttafel durch die Amylacetat Lampe, so findet man aber zu hohe Ziffern, weil diese Lampe relativ viel mehr gelbe Strahlen aussendet, als das Tageslicht[2]).

Die nicht völlige Zuverlässigkeit des Phosphorescenzlichtes[3]) bewog den Pariser photographischen Congress 1889 die Scala des Warnerke-Sensitometers beizubehalten, aber als Lichtquelle die Amylacetat-Lampe (s. S. 356) zu empfehlen.

Allerdings ist das Licht der Amylacetat-Lampe constanter, als das der Phosphorescenzplatte und somit das erstere in dieser Hinsicht dem letzteren überlegen. Dagegen ist die Amylacetat-Lampe gegen Luftzug empfindlicher und weniger bequem anzuwenden; ferner gibt auch die Amylacetat-Lampe nicht solche Resultate, welche unmittelbar auf die Empfindlichkeit der Platte gegen Tageslicht Bezug haben. Deshalb sprach sich auch V. Schumann (Phot. Rundschau. 1890. S. 5) mit Recht für die ursprüngliche Form des Warnerke-Sensitometers aus und es wird auch solches derzeit noch allgemein so angewendet.

Es geben die beiden Arten von Lichtquellen keine völlig vergleichbaren Resultate, weil das Phosphorescenzlicht des Warnerke-Sensitometers hauptsächlich blaues Licht aussendet, das gelbliche Licht der Amylacetat-Lampe aber ein continuirliches Spectrum, ähnlich wie Gaslicht. — Dies geht aus folgendem Versuche hervor:

Z. B. wurde bei Phosphorescenzlicht eine Bromsilbergelatineplatte 200 mal empfindlicher, als eine nasse Jodsilbercollodionplatte gefunden, bei Gaslicht aber nur 50 mal.

Kennt man dieses Verhältniss, so kann man die Empfindlichkeitsangabe auf verschiedene Lichtquellen rectificiren. Die bei Gaslicht oder Amylacetat-Licht gefundenen Empfindlichkeitszahlen sind im Allgemeinen richtiger für die Beurtheilung der Empfindlichkeit der Platte, als die mit Phosphorescenzlicht. Alle Platten, welche das

---

1) Schumann, Phot. Rundschau. 1890. S. 5. — Eder, „Handb. d. Photogr." Bd. III, S. 141.

2) Orthochromatische Platten prüft man am besten in der Weise, dass man dieselben am Tageslichte mit einer gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatte durch Probe-Expositionen in der Camera vergleicht; die Sensitometer-Empfindlichkeit der letzteren ist mit dem Warnerke-Sensitometer leicht zu bestimmen und dadurch die relative Empfindlichkeit der orthochromatischen Platten ziffernmässig anzugeben.

3) Phosphorescirende Substanzen, darunter auch das zu Warnerke's Sensitometer benutzte phosphorescirende Schwefelcalcium, lassen sich äusserst schwer in gleichmässiger Weise herstellen.

Maximum der Empfindlichkeit im Blau haben (wie z. B. Bromsilber) geben in Warnerke's Sensitometer höhere Empfindlichkeitszahlen als solche, welche das Maximum im Violett oder Ultraviolett haben (z. B. Chlorsilber, Jodsilber). Bei Jodsilber macht z. B. das Phosphorescenz-Licht nur $^1/_{180}$ der gesammten, bei Chlorsilber $^1/_{31}$, bei Bromsilber $^1/_{10}$, bei nassen Jodsilberplatten $^1/_{42}$ der Gesammtwirkung des Sonnenlichtes aus[1]).

[Ueber den Einfluss verschiedener Lichtquellen auf die relative Empfindlichkeit photographischer Platten und insbesondere von orthochromatischen Platten s. Bd. 3. 4. Aufl. S. 140].

B) Sensitometrie von photographischen Platten unter Benutzung eines Normalfarbentones.

Der Internationale Photographische Congress in Paris 1889 stellte als Mass für die Empfindlichkeit die Dauer der Exposition auf, welche erforderlich ist, um mit dem Normallichte (Amylacetat-Lampe s. S. 305) und unter Anwendung von Entwicklern einen gewissen grauen Farbenton („Ton normal") zu erzielen. Hierzu kann eine rotirende Scheibe, in welcher weisse und schwarze Segmente enthalten sind, dienen; eine solche Vorrichtung ist bereits auf Seite 298 und 385 beschrieben. Zwischen der Platte und der Lichtquelle werden keine absorbirenden Mittel eingeschaltet.

Die Amylacetat-Normal-Lampe des Congresses wird in einer Distanz von 1 m direct vor der Platte aufgestellt, ohne dass seitliches Reflexlicht dazu treten kann. Die Platte wird successive in Intervallen von 5 zu 5 Secunden belichtet. Nach der Hervorrufung sucht man jene Zone auf der Platte, welche den Normalton hat. Zur leichteren Vergleichung kann der Normalton mittels Tusche, eventuell mit Benutzung entsprechend grau gefärbter Gelatinefolien hergestellt werden.

Der Congress empfahl aber, der Bequemlichkeit halber, das Warnerke-Sensitometer mit Anwendung der Amylacetat-Lampe (s. S. 432).

C) Claudet's und Janssen's Sensitometer.

Claudet beschrieb 1848 sein „Photographometer", ein eigenes Instrument zum Messen der Intensität der chemischen Wirkung der Lichtstrahlen auf alle photographischen Präparate und zum Vergleichen der Empfindlichkeit dieser Präparate[2]).

Er brachte die zu prüfende Daguerreotypplatte unter eine dünne Metallplatte, die mit kreisförmigen Löchern versehen war (F in Fig. 122 und 123). Ueber die durchlöcherte Platte ging rasch aber gleichmässig eine Metallplatte AB, welche mit Oeffnungen von verschiedener Länge, die eine geometrische Progression befolgen, versehen ist. Während des Vorübergleitens wird die empfindliche Fläche vom Lichte an allen Stellen getroffen, welche die runden Löcher ausgesetzt lassen. Je länger die Spaltöffnungen der oberen Platte sind, desto länger wirkt das Licht auf die empfindliche Platte ein. Die Geschwindigkeit des Falles kann vergrössert oder vermindert werden, je nachdem man den ganzen Apparat mehr oder weniger stark neigt; denselben Zweck

1) Abney, Phot. News. 1882. S. 230.

2) Philosoph. Magaz. 1848. S. 329. Dingler, Polytechn. Journ. Bd. 111, S. 42.

kann man auch durch Veränderung der Fallhöhe oder des Gewichtes der beweglichen Platte erreichen. Die Oeffnungen der beweglichen Platte sind parallel und sieben an der Zahl. Die erste misst 1 mm, die zweite 2, die dritte 4, die vierte 8, die fünfte 16, die sechste 32 und die siebente 64 mm. Es ist daher jede halb so gross als die folgende, und zweimal so gross als die vorhergehende.

Man hat folglich nach der Operation sieben besondere Bilder, deren verschiedene Intensitäten die Einwirkung des Lichtes während Zeitabschnitten in der geometrischen Progression = 1 : 2 : 4 : 8 : 16 : 32 : 64 darstellen. Diese Anzahl ist zu den Beobachtungen im Allgemeinen vollkommen hinreichend; die Effecte können durch zwei-, dreimaliges oder öfteres Fallenlassen der Platte vervielfältigt werden.

Zwei neben einander angebrachte derartige Vorrichtungen gestatteten die gleichzeitige Prüfung verschiedenartiger Platten.

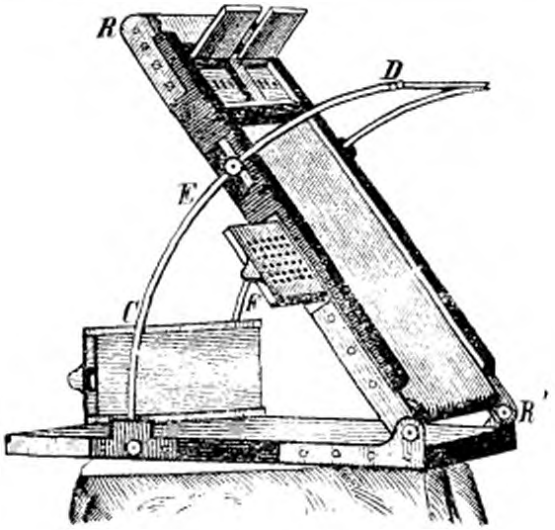


Fig. 122.
Claudet's Photographometer.

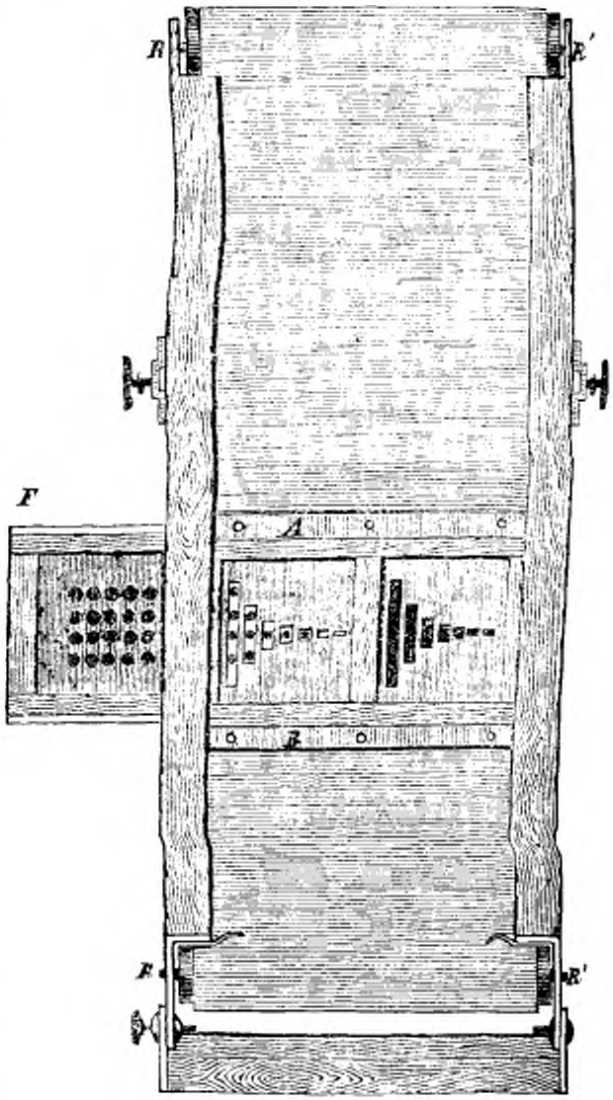


Fig. 123. Claudet's Photographometer.

Janssen wendete 1881 ein ähnliches Princip an: Wenn man in eine Cassette eine photographische Platte legt, sie gleichmässig durch eine Lichtquelle beleuchtet und einen senkrechten Spalt mit grosser Geschwindigkeit durch Federdruck oder mit gegeringerer durch ein Uhrwerk davor in horizontaler Richtung vorüber gleiten lässt, so wird beim Hervorrufen die ganze Platte gleichmässig gefärbt erscheinen, wenn der Spalt oblong war; hatte er aber die Form eines Dreiecks, so wird die Platte ganz allmählich vom dunkelsten bis zum hellsten Ton und in Weiss übergehen und zwar wird die Dunkelheit um so intensiver sein, je grösser die Basis des Dreiecks war. — Man kann nun sogleich constatiren, dass die Wirkung des Lichtes nicht genau proportional der Intensität wächst; denn wenn man zwei mit demselben Dreieck gemachte Platten entgegengesetzt übereinander legt, erhält man keine gleichmässige dunkle Schicht: sie ist in der Mitte intensiver, d. h. die Intensität nimmt langsamer zu, als die

Intensität des Lichtes selbst. Um die Empfindlichkeit zweier photographischer Platten zu vergleichen, hat man nur nöthig, sie nacheinander mit demselben Dreieck zu belichten; die Punkte gleicher photographischer Wirkung werden dann gesucht und bestimmt, wie breit an dieser Stelle das Dreieck war (Phot. Wochenbl. 1881. S. 211).

D) Stolze's Sensitometer.

Stolze stellte 1881 einen Empfindlichkeitsmesser (Sensitometer) nach folgendem Principe her[1]) (Fig. 124):

Man denke sich eine Trockenplatte $abcd$ von 10 cm Länge und 2 cm Breite, deren eine Hälfte $cdfe$ lichtdicht durch eine Metallplatte verdeckt ist Genau parallel zur Seite ad und 1 cm senkrecht über ihr ist ein 2½cm langer, 0,1 mm dicker Platindraht gh ausgespannt. Man denke sich nun diese Vorrichtung in einen dunklen mit schwarzem Sammet gefütterten Kasten eingeschlossen und bringt dann den Platindraht mit einer Leydener Flasche in Verbindung, so dass er, wenn daselbst ein Funken überspringt, glühend wird. Die Lichtintensitäten verhalten sich nun umgekehrt, wie die Quadrate der Abstände von der Platte; ausserdem fällt der Lichtstrahl um so schräger, je weiter die Lichtquelle entfernt ist. Die Formel $T = \left(\frac{1}{\sqrt{s^2+1}}\right)^3$ gibt die Intensitäten für jeden Punkt der Platte, wenn man die Intensität für die Fläche bei a durch 1, bei t durch T bezeichnet und die Strecke von $at = s$ ist.

Fig. 124.
Stolze's Empfindlichkeitsmesser.

Werden z. B. zwei Emulsionsplatten nach einander im Apparate belichtet und entwickelt, so geht die Wirkung bei der empfindlicheren weiter nach bc zu; die eine Hälfte $efdc$ wird ganz ohne Lichtwirkung sein. Die Empfindlichkeiten verhalten sich umgekehrt wie die Intensitäten

Wächter erklärt es als nicht genau, als Normal-Lichtquelle sich eines durch den elektrischen Funken eines Conductors glühend gemachten Platindrahtes zu bedienen, da 1. die statische Elektricität äusserst abhängig ist von dem Feuchtigkeitszustande der Atmosphäre, 2. die Schlagweite des Funkens wohl ein Mass für die Spannung, aber nicht für den Wärmeeffect sei, welcher sehr variire und 3. keine leichten Mittel vorhanden sind, sich von dem guten Zustande des Apparates zu überzeugen.

Verfasser hält aber den Stolze'schen Apparat für galvanisches Glühlicht sehr geeignet.

XV. Bestimmung der Expositionszeit in der Camera mittels Photometer.

Um die Exposition in der Camera, namentlich bei Landschaftsaufnahmen, zu bestimmen, geht man in zweifacher Weise vor. Entweder exponirt man 1. irgend ein Photometer im offenen Tageslicht, bestimmt daraus die herrschende Lichtintensität und richtet danach die Exposition ein. Oder 2. man bringt ein Photometer hinter die matte Scheibe und schätzt die Lichtkraft des Bildes ab.

1) Phot. Wochenbl. 1881. S. 77 und 92.

1. Den ersten Weg schlug z. B. Ellerbeck[1]) ein, indem er das Büchsenphotometer benutzte; ebenso Monckhoven mit seinem Uranphotometer, Heeren mit einem Stückchen Chlorsilberpapier, welches er von aussen an die Camera heftete und die Schnelligkeit der Färbung beobachtete[2]) u. s. w.

Boisen exponirte Chlorbromsilberpapier in einer Cassette mit verschiebbarem Deckel (Fig. 125), welche am Rande zwei mit der Normalfarbe bestrichene Streifen besitzt. Braucht z. B. das Papier um sich zu färben 120 Secunden, die Collodionplatte in der Camera 30 Secunden Exposition, um ein Bild zu geben, so ist dies Verhältniss zwischen Photometeranzeige und Exposition ermittelt[3]).

Léon Vidal (1862) und Malval (1863) construirten gleichfalls Photometer, welche sich auf die Schätzung der Färbung von Chlorsilberpapier im diffusen Tageslicht stützen. Diese Apparate beanspruchen keine grosse Genauigkeit, sondern sollen nur eine Schätzung der Expositionszeit ermöglichen.

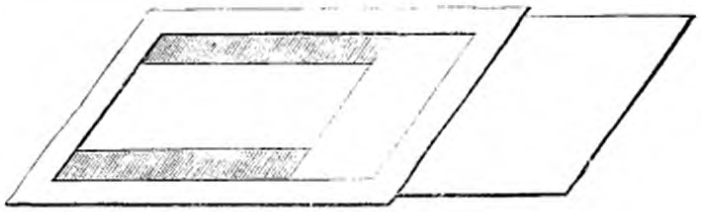


Fig. 125. Boisen's Photometer.

Vidal gab später, 1865, ein Werk „Calcul des temps de pose, ou tables photométriques portatives" heraus, welches hauptsächlich für Ermittelung der Expositionszeit in der Camera bestimmt war. Er exponirte Chlorsilberpapier im diffusen Tageslicht durch eine Minute und bestimmte dann den erhaltenen Färbungsgrad. Nach diesem wurde aus umfangreichen Tabellen (welche etwa 48000 Zahlen enthalten) die Exposition ermittelt[4]) Die spätere Form seines Instrumentes wurde im Vorhergehenden (S. 125) beschrieben.

Ritschié's[5]) photometrisches Princip für die Messsung kurzer Expositionszeiten besteht darin, dass er auf einem Streifen empfindlichen Papieres[6]) der Länge nach einen Strich mit einer dem gedunkelten Papier identischen Farbe macht und nun ein

---

1) Phot. News. 1877. S. 473.

2) Selbstverständlich ist dieses Verfahren sehr mangelhaft, weil die Beleuchtung des aufzunehmenden Objectes eine ganz andere sein kann, als die am Standpunkte des Apparates.

3) Phot. News. Bd. 3, S. 402. Kreutzer's Zeitschr. f. Phot. 1861. Bd. 3, S. 90. Das Papier erzeugte Boisen durch Salzen des Papieres mit 7,5 Bromkalium, 7,5 Chlornatrium und 480 Wasser; nach dem Trocknen wurde sensibilisirt in 20 Silbernitrat, 1,5 Citronensäure, 480 Wasser.

4) Phot. Arch. 1865. S. 283.

5) Bull. d. l. Soc. franç. 1876. No. 7. Bull. Assoc. Belge. Bd. 3, S. 87. 126.

6) Hergestellt durch Waschen von gesilbertem Albuminpapier mit Wasser, dann mit schwach salzsäurehaltigem Wasser und schliesslich Baden in Gallussäure-Lösung (1 : 100).

Stück dieses Streifens ans Tageslicht legt, bis der Strich nicht mehr zu unterscheiden ist. Die Anzahl der Secunden, die bis zu diesem Punkte nöthig ist, gestattet das Mass der chemischen Intensität des jeweiligen Tageslichtes.

Alle die oben erwähnten Methoden zur Bestimmung der Belichtungszeit, welche auf der blossen Messung der Helligkeit des Tageslichtes beruhen, sind mehr oder weniger falsch, weil die Helligkeit des Bildes auf der Visirscheibe einer photographischen Camera nicht von der Helligkeit des Tageslichtes allein abhängt, sondern auch von der Abblendung und Beschaffenheit des Objectives und der Farbe und dem Aussehen des aufzunehmenden Gegenstandes und der Vergrösserung oder Verkleinerung des Bildes: ferner kommt bei der Bestimmung der Belichtungszeit auch die Lichtempfindlichkeit der verwendeten Platte in Betracht.

Alle diese Factoren zog Watkins in Betracht, bei der Construction seines im Jahr 1890 erfundenen Expositionsmessers.

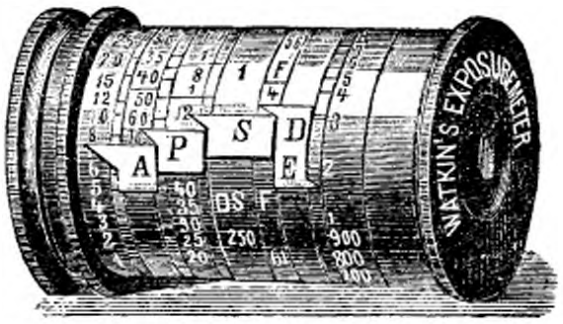


Fig. 126.

Allerdings bestimmte auch Watkins die Helligkeit des Tageslichtes im Freien (neben der Camera) und nicht die chemische Helligkeit des Bildes auf der Visirscheibe. Er vermittelt jedoch mittels einer einfachen Tabelle, welche am Instrumente selbst angebracht ist, aus der Beschaffenheit und Blendengrösse des Objectives, der Art des Gegenstandes und der Plattensorte die Belichtungszeit.

Watkins Expositionsmesser[1]) besteht aus einem kleinen, ungefähr 6 cm langen und 3 cm Durchmesser zählenden Messingcylinder, in welchem ein Streifen von empfindlichem Bromsilberpapier[2]) durch eine Oeffnung so lange belichtet wird, bis seine Dunkelheit mit der des umgebenden Randes übereinstimmt. Nun befinden sich aussen am Cylinder noch eine Anzahl von Messingringen, welche mit *A*, *P*, *S* und *D* bezeichnet sind (s. Fig. 126) und durch deren Einstellung in der unten angegebenen Weise die Belichtungszeit gefunden wird.

1) Nach Eder (Phot. Corresp. 1890).

2) Das Bromsilberpapier ist durch Baden von Papier in einer Bromsalz-, dann in einer Silberlösung hergestellt; das Papier wird gewaschen und mit salpetrigsaurem Kali sensibilisirt, ähnlich wie man dauerhafte, gesilberte Albuminpapiere darstellt. (S. Eder's „Ausführliches Handbuch der Photographie." Bd. IV, S. 94.)

Vier Bedingungen oder Factoren müssen in Betracht gezogen werden und jeder dieser Factoren muss eine Zahl oder einen Werth erhalten; diese sind:

A Die actinische Kraft des Lichtes, welches das Object beleuchtet;

P die Lichtempfindlichkeit der Platte;

S die Farbe und das Aussehen des Gegenstandes;

D das Diaphragma oder die Blende des Objectivs, welche benutzt wird.

(Ein fünfter Factor *F*, der verlängerte Focus der Camera, kommt nur beim Copiren in Betracht oder bei Vergrösserungen etc., braucht daher bei gewöhnlichen Aufnahmen nicht berücksichtigt zu werden.)

Das Instrument besteht aus einem einfachen Actinometer, um das Licht zu messen, einem Kettenpendel, um Secunden und halbe Secunden zu zählen (um sowohl den Actinometer als auch die Camera-Exposition zu messen) und aus vier beweglichen Kreisen, welche Zeiger mit *A*, *P*, *S* und *D* führen, die, wenn sie auf jene Nummern gestellt werden, welche die entsprechenden Werthe jedes Factors repräsentiren, einen fünften Zeiger *E* veranlassen, die correcte Belichtungsdauer anzuzeigen.

Gebrauchsanweisung.

Um den Werth von *A* zu prüfen, öffnet man den Deckel der Pendelbüchse und lässt denselben schwingen; dann hält man das Vordertheil des Actinometers gegen das Licht, sowie es auf den Gegenstand fällt, zieht unter dem gefärbten Glase einen frischen Streifen des empfindlichen Papieres hervor; die Zahl der Secunden, welche das Papier braucht, um sich zu färben, und zwar bis zu dem Grade der Normalfarbe, ist die Actinometernummer *A*.

Um nun die Belichtungsdauer hieraus zu berechnen, legt man den Deckel auf die Pendelbüchse und dreht alle beweglichen Kreise nach links bis zu ihrem Nullpunkt, wobei das Instrument mit den Fingern der rechten Hand horizontal gehalten und der Daumen auf den Zeiger *A* gelegt wird. Dann dreht man das doppelt geprägte Obertheil des Pendelendes mit der linken Hand, bis der Zeiger *A* auf die gefundene Actinometernummer zeigt. Dann schiebt man den Daumen der rechten Hand zurück zum Zeiger *P* und dreht das Instrument, bis *P* die correcte Plattennummer anzeigt. Dann wird derselbe Vorgang in gleicher Folge mit den Zeigern *S* (für Gegenstandsnummer) und *D* (für die Blende) wiederholt, wobei man Sorge trägt, dass die Kreise, welche schon gestellt sind, nicht verschoben werden, und dann wird der Zeiger *E* die richtige Expositionsdauer in Secunden oder deren Bruchtheile angeben.

Wenn die Belichtung weniger als 1 Secunde beträgt, wird *E* weniger als eine Umdrehung machen und wird dann eine Zahl anzeigen, die so viele Tausendstel Secunden angibt (z. B. 200 gibt $^{200}/_{1000}$ oder $^{4}/_{5}$ Secunden an). Wenn aber *E* 900 überschreitet, zeigen die Zahlen Secunden an.

Die Zeiger müssen in der angegebenen Ordnung bewegt werden, und ferner müssen auch immer alle vier Zeiger bewegt werden

Werth der Factoren.

Factor *A*. Das Licht, welches auf den mindest beleuchteten Theil des Gegenstandes fällt, in welchem noch Details vorhanden sein müssen, ist derjenige, welcher bestimmt werden muss. Für Ansichten unter Bäumen oder in schattigen Gassen exponirt man das Actinometer auf den Schatten der Bäume. Bei sonnigen Gebäuden, welche halb im Schatten liegen, exponirt man das Actinometer auf den Schatten derselben oder vielleicht auf den Schatten des eigenen Körpers.

Für sonnenbeleuchtete Landschaften oder Gebäude, welche keine breiten Schatten besitzen, exponirt man das Actinometer auf die beleuchteten Stellen.

Factor *P*. Im Folgenden sind annähernd die Nummern angegeben, welche die Empfindlichkeit der verschiedenen Platten bedeuten.

Warnerke-Sensitometer	No.	14	kann	gleich	sein	*P*	3
„	„	15	„	„	„	*P*	5
„	„	16	„	„	„	*P*	8
„	„	17	„	„	„	*P*	10
„	„	18	„	„	„	*P*	13
„	„	19	„	„	„	*P*	17
„	„	20	„	„	„	*P*	21
„	„	21	„	„	„	*P*	24
„	„	22	„	„	„	*P*	27
„	„	23	„	„	„	*P*	31
„	„	24	„	„	„	*P*	35
„	„	25	„	„	„	*P*	40

Factor *S*. Diese Nummer ändert sich nach der Farbe des Gegenstandes oder seiner Fähigkeiten, das Licht zu reflectiren, ohne nur im Mindesten die Lichtstärke zu berücksichtigen, welche auf ihn fällt; ein Stück dunkles, geschnitztes Eichenholz würde *S* 3 sein, ob es sich nun im vollen Sonnenschein befindet oder im Schatten eines Innenraumes. *S* 1 ist die Normalnummer, welche in vier von fünf Fällen gewählt wird, die anderen mögen nur in speciellen Fällen als Variationen gebraucht werden.

Himmel oder das Meer	*S* $^1/_{10}$
Weisse Gegenstände, in welchen alle Einzelheiten sichtbar sein sollen oder welche schwarz und weiss copiren (siehe die specielle Tabelle für Entfernungen) . . .	*S* $^1/_4$
Grösste Entfernung bei Landschaften.	*S* $^1/_4$
Lichte Gegenstände und panoramische offene Landschaften	*S* $^1/_2$
Gewöhnliche Landschaften mit Vordergrund, Gebäuden, Porträte und allerhand von gewöhnlicher Farbe. . .	*S* 1
Dunkle, röthliche oder gelbliche Gegenstände.	*S* 2
Sehr dunkle Gegenstände, welche Details enthalten sollen	*S* 3

Bei Negativen, welche mit der Camera copirt oder zu Vergrösserungen benutzt werden sollen, können die Werthe nur mittels Versuchen festgestellt werden, da dieselben oft sehr dünn und oft dicht benöthigt werden. Die Differenz, welche zwischen den Negativen besteht, ist sehr gross, nämlich:

sehr dünne Negative	*S* $^1/_{16}$
dünne „	*S* $^1/_8$
mitteldünne „	*S* $^1/_4$
dichte „	*S* $^1/_2$
sehr dichte „	*S* 1

Factor *D*. In dem Instrumente finden sich zwei Scalen; die rechts ist der Focalwerth der gewöhnlichen Blenden, die linke Scala bezeichnet die correspondirende *US*-Nummer der Photographischen Gesellschaft von England[1]).

Innenräume.

Um die Zeit nicht mit der Messung von sehr schwachem Lichte zu vergeuden, kann man in der Linse ein Diaphragma von solcher Grösse verwenden, dass die

1) Siehe in diesem Handbuche, Bd. I im Capitel über „Objective"; ferner Eder's „Ausführliches Handbuch der Photographie", I. Band (zweite Aufl.).

Camerabelichtung gleich wird der Actinometerbelichtung. Um nun dieses Diaphragma zu finden, setzt man die Zeiger in folgender Ordnung: *A* auf 2, *P* auf die richtige Plattennummer. *S* auf ihren Werth, *E* auf 2 und dann wird *D* die Nummer der Blende angeben, welche zu benutzen ist. Das Actinometer kann dann an die schlechtest beleuchtete Stelle gelegt werden, die Linse geöffnet und die Belichtung so lange fortgesetzt, als das Papier Zeit braucht, um die Normalfarbe im Actinometer anzunehmen.

Copiren und Vergrössern.

Es muss noch ein Factor berücksichtigt werden, welcher die Expositionszeit verlängert, wenn die Camera weit auszuziehen ist, um damit zu copiren oder zu vergrössern.

Zur Bequemlichkeit ist dieser Factor mit den *S*-Werthen in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle der S-Nummern zum Gebrauche beim Copiren.

Normalgegenstands-Nummern; Gegenstand mehr als 24 Focus-Weiten von der *Linse* entfernt	1/16	1/8	1/4	1/2	1	2
Gegenstand 18 mal Focus von der Linse	—	—	—	—	1 1/8	2 1/4
„ 10 „ „ „ „ „	—	—	—	—	1 1/4	2 1/2
„ 5 1/2 „ „ „ „ „	—	—	3/8	3/4	1 1/2	3
„ 4 1/2 „ „ „ „ „	—	—	—	7/8	1 1/4	3 1/2
„ 3 1/2 „ „ „ „ „	1/8	1/4	1/2	1	2	4
„ 3 „ „ „ „ „	—	—	—	1 1/8	2 1/4	4 1/3
„ 2 3/4 „ „ „ „ „	—	—	5/8	1 1/4	2 1/2	5
„ 2 1/4 „ „ „ „ „	—	3/8	3/4	1 1/2	3	6
„ 2 1/8 „ „ „ „ „	—	—	7/8	1 3/4	3 1/2	7
„ 2 „ „ „ „ „	1/4	1/2	1	2	4	8
Copiren in gleicher Grösse						

Tabelle der S-Nummern zum Gebrauche bei Vergrösserungen.

Normalgegenstands-Nummern, wenn das Object mehr als 24 Focusweiten von der Linse *entfernt ist*	1/16	1/8	1/4	1/2	1
Vergröss.-Durchm. Focus von der Linse					
1 1/2 Wand 2 1/2 mal	3/8	3/4	1 1/2	3	6
2 „ 3 „	—	1 1/8	2 1/4	4 1/2	9
2 1/2 „ 3 1/2 „	3/4	1 1/2	3	6	12
3 „ 4 „	1	2	4	8	16
4 „ 5 „	1 1/2	3	6 1/4	12 1/2	28
5 „ 6 „	2 1/4	4 1/2	9	18	36
6 „ 7 „	3	6	12	24	49
8 „ 9 „	5	10	20	40	81
10 „ 11 „	7 1/2	15	30	60	121
15 „ 16 „	16	32	64	128	256
20 „ 21 „	25	50	100	200	400
25 „ 26 „	42	84	169	338	676

Hierbei muss aber bemerkt werden, dass als Masseinheit die äquivalente Brennweite der Linse angenommen wurde und dass der längere conjugirte Focus gemessen wird, und zwar beim Copiren (bis zu gleicher Grösse) nimmt man das Mass von der Linse zum Gegenstande, während bei Vergrösserungen das Mass von der Linse zur Visirscheibe genommen wird. Ein Stock von der genauen Länge der Brennweite der Linse ist dann ein guter Massstab.

Wenn man kleine, nahe Gegenstände photographirt, sollte diese Tabelle zu Rathe gezogen werden, und selbst dann, wenn man eine Büste im Porträtfache aufnimmt und die Entfernung gleich 15maliger Brennweite ist.

Wo die Gegenstandsnummern grösser sind als in der Tabelle des Instrumentes, können sie durch 10 dividirt werden, und das berechnete Endresultat wieder mit 10 multiplicirt werden.

2. Expositionsmesser, mittels welcher die Helligkeit des Bildes auf der Visirscheibe direct ermittelt wird.

Diese Art der Expositionsmesser ist theoretisch die richtigste, aber nur dann wenn auf actinometrischem Wege die chemische Wirksamkeit des jeweiligen Lichtbildes ermittelt wird[1]).

Es wurde auch vorgeschlagen über der Camera (besonders für Landschaftsphotographie) eine zweite kleine Camera, welche nur zu Aufnahme des Photometers dient, anzubringen (C. P. in Brit. J. of Phot. 1877. S. 580).

---

1) Der richtigere Weg ist ohne Zweifel, die jeweilige Helligkeit des Bildes in der Camera zu prüfen. Dies that schon Soleil 1840 zur Bestimmung der Expositionszeit für Daguerreotypplatten. Soleil's Röhrenphotometer bestand in folgendem Apparate. Er schwärzte die innere Wand einer messingenen Röhre von 40 mm Länge und 25 mm Durchmesser und verschloss sie an dem einen Ende mit einer beweglichen Platte, vor der er ein Kartenblatt einschob. Auf dieses Kartenblatt, welches vorher mit Gummi oder Dextrin überzogen worden war, trug er mit einer Spatel eine dünne Schicht feuchtes Chlorsilber auf. Die auf diese Weise zubereitete Röhre kehrte er gegen das Object, dessen Bild er daguerreotypiren wollte und zählte, wie lange Zeit das Chlorsilber braucht, um eine schiefergraue Farbe anzunehmen (Comptes rendus. 1840. I, No. 21. Dingler, Polyt Journ. Bd. 77, S. 160); die Röhre kann auch gegen die matte Scheibe gerichtet werden.

Ohne Zweifel kann jedes Photometer an Stelle der matten Scheibe angebracht und die Helligkeit daselbst ermittelt werden. Ob man nun, wie Warnerke, hierzu ein Phosphorescenz-Photometer benutzt (Phot. News. 1880. S. 289) oder ein Scalen- oder Röhrenphotometer einschiebt, macht keinen wesentlichen Unterschied. Man beachte aber die Schwierigkeit, welche sich bietet, dass das Bild in den seltensten Fällen gleichmässig hell ist und es demnach nicht gleichgiltig ist, an welchem Punkte das Photometer sich befindet; ferner ist es theoretisch nicht zu vergessen, dass z. B. ein Chlorsilber-Photometer kein absolut genaues Mass für Bromsilbergelatine bietet, wenn auch die Differenz practisch zu vernachlässigen sein dürfte.

Papiere mit Bromsilber- oder Chlorsilbergelatine überzogen und in Roll-Cassetten in der Camera hinter einem Scalenphotometer exponirt, dann mit Eisenoxalat oder Citrat etc. entwickelt, dürften photometrisch gut verwerthbar sein. (Um sehr kurze Expositionszeiten photometrisch zu bestimmen, kann man die Entwickelung von Bromsilberpapier etc. gleich in der Camera [nach Art des Heliopictors, s. diesen] vornehmen.)

Jedoch bietet diese Art der Helligkeitsbestimmung des Bildes auf der Visirscheibe mittels chemischer Actinometer Schwierigkeiten (siehe die Anmerkung), weshalb man den bequemeren, aber weniger genauen Weg einschlug und optische Photometer als Expositionsmesser verwendete, welche für den Ungeübten einigermassen brauchbare Anhaltspunkte bieten: übrigens können kleine Fehler in der Belichtungszeit in der photographischen Praxis durch passende Hervorrufung der Platten corrigirt werden. Geübte Practiker bedienen sich jedoch niemals derartiger Apparate.

Zuerst brachte Decoudun in Paris einen solchen Expositionsmesser (1888) in den Handel[1]) und Goerz in Berlin verbesserte denselben.

Die Ideen, welche den Pariser Ingenieur Decoudun bei *Construction seines Instrumentchens* leiteten, waren folgende:

Wenn man zwischen dem Bilde, das auf der matten Scheibe erscheint und dem beobachtenden Auge sehr feine Schichten von verschiedener Transparenz einschaltet, welche in einem bestimmten Verhältnisse nach und nach dunkler werden, so wird man aus jener Anzahl von Schichten, welche bis zum gänzlichen Verschwinden des beobachtenden Objectes nothwendig sind, genaue Schlüsse auf die Expositionszeit machen können, und dabei unabhängig von der Kenntniss der Lichtstärke der angewandten Objective sein.

Ferner wird man die Möglichkeit haben, wenn diese Schichten mit entsprechenden, genau berechneten Nummern oder Buchstaben versehen werden, von einer Tabelle die automatisch erscheinende Belichtungszeit ablesen zu können.

Legt man beispielsweise ein Blatt äusserst feinen Papieres auf die matte Tafel des eingestellten photographischen Apparates, so sieht man ein verschwommenes Bild, welches, wenn nach und nach mehrere solcher Papiere aufeinander gelegt werden, immer undeutlicher erscheint, bis schliesslich, wenn die Anzahl der Blätter eine genügende ist, völlige, gleichmässige Dunkelheit eintritt.

Ist das Licht stark, so wird man eine grössere Anzahl Blättchen gebrauchen, während bei sehr schwachem Lichte wenige oder ein einziges Blatt genügen kann.

Die Lichtmenge auf dem Camera-Matt-Glase steht daher in directer Beziehung zur Anzahl der Blätter, das heisst der Dicke des durchsichtigen Stoffes, so zwar, dass, indem man diese Blätter zählt, oder die Dicke der Materie misst, eine genaue Bestimmung der Lichtstärke möglich ist.

Hierdurch wird dem sich mit Photographie Beschäftigenden ein Mittel gegeben, mit Hilfe eines passenden Apparates die Expositionszeit einer eben auszuführenden Aufnahme einfach abzulesen, wie man beispielsweise die Thermometergrade abliest, — und zwar ein Photometer, das nicht die dem Photographen ganz gleichgiltigen Helligkeitsverhältnisse, welche gerade bei seinem Apparate vorhanden sind, sondern jenes Licht misst, welches von dem aufzunehmenden Objecte herkommt.

Unabhängig von der Kenntniss des Durchmessers der Linse, sowie der Blende, der Intensität des Sonnenlichtes im Momente der Aufnahme u. s. w., wird ein solches Photometer die sofortige Bestimmung der richtigen Expositionszeit bei photographischen Aufnahmen jeden Genres — von Augenblicksbildern bis zu sehr dunklen Interieurs — gestatten.

---

1) Eder's Jahrbuch f. Photogr. für 1889. S. 35.

Decoudun nahm bei Construction seines äusserst sinnreich erdachten Instrumentchens (in Originalgrösse in Fig. 127 und Fig. 128 dargestellt) einen Kreis, in Segmente von verschiedener bestimmter Transparenz eingetheilt.

Diese Segmente sind hier in einem uhrförmigen Metallgehäuse (Fig. 127) eingeschlossen und werden durch Drehung des Knopfes vor die drei kleinen, in der Zeichnung ersichtlichen Punkte gebracht.

Das aufzunehmende Object wird wie gewöhnlich scharf eingestellt und die betreffende Blende eingefügt. Um nun die Expositionszeit richtig zu messen, ist dem Instrumente eine Gebrauchsanweisung beigegeben, welche ich in deutscher Uebersetzung hier folgen lasse:

„Man hält mit der rechten Hand das Photometer an die matte Tafel seiner Camera, während man mit einem entsprechend grossen Einstellmantel sich so sorgfältig umhüllt, dass gar keine Spur Nebenlicht auf das kleine Instrument fällt. Man

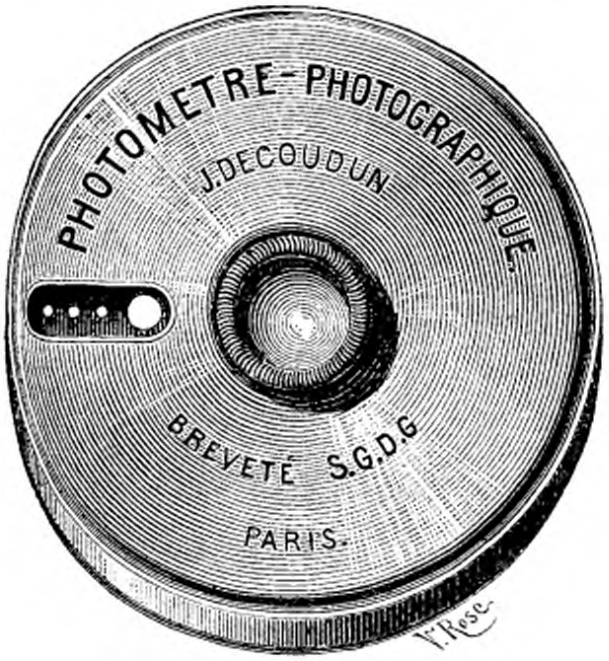


Fig. 127.

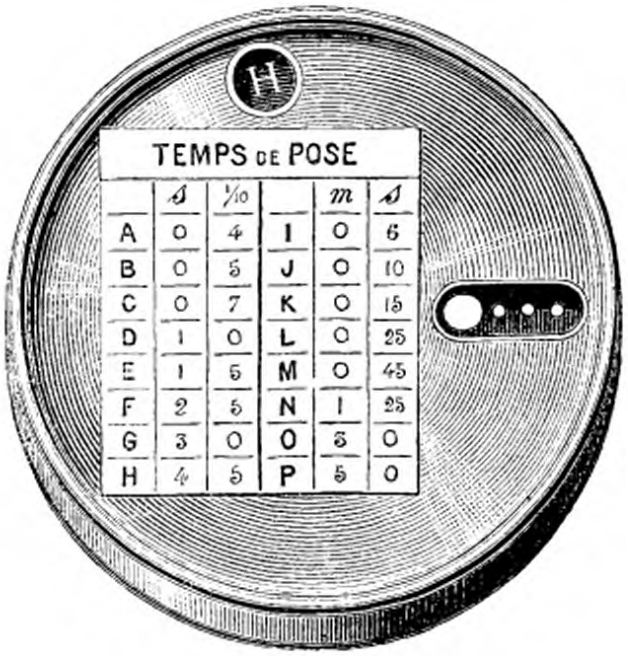


Fig. 128.

beobachtet nun von normaler Sehweite aus den kleinen Ausschnitt zur Linken des Photometers, wo man drei kleine und einen grösseren Punkt wahrnimmt. Indem man nun den Mittelknopf dreht, werden diese Punkte nach und nach immer dunkler, bis ein Moment kommt, wo man selbe nicht mehr unterscheiden kann. Ist dies eingetreten, dann darf man ja nicht mehr weiter drehen. Man wendet nun das Instrument um und findet auf der Rückseite (Fig. 128) einen automatisch sichtbar gewordenen Buchstaben (in der Fig. 128 beispielsweise mit H gezeichnet), nach welchem man die Belichtungszeit auf der Expositionstabelle abliest. — Also H = $4^1/_2$ Secunden.

Die angegebenen Expositionszeiten sind für Gelatineemulsions-Platten von gewöhnlicher Empfindlichkeit berechnet. Kommen aber hochempfindliche Platten in Anwendung, welche dann nicht mit der Tabelle übereinstimmen, so wird ein einfacher Versuch die Modification zeigen, welche eine der Ziffern zu erleiden hat; die anderen folgen dann alle in dem Verhältnisse der Tabelle, die durchaus nicht geändert werden darf.

Keineswegs ist es gleichgiltig, wohin man das kleine Instrument auf der matten Tafel seiner Camera aufsetzt, vielmehr muss man die drei kleinen Punkte über die

interessanteste, wichtigste Lichtstelle des aufzunehmenden Bildes halten. Bei einer Porträt-Aufnahme in normaler Beleuchtung, z. B. auf die Lichtseite des Gesichtes, bei einer Landschaft auf die beleuchteten Partien des Mittelgrundes. Bei einem Interieur wird man die mittleren Lichter auf der matten Tafel messen. Die angebrachte Photometer-Tabelle gibt eine Anzahl von Expositionszeiten, welche für die gewöhnlichen Fälle allerdings vollkommen ausreichen, braucht man aber noch eine Erweiterung dieser Angaben, so gelingt dies mit Hilfe der Diaphragmen.

Man weiss, dass die meisten optischen Anstalten die Objectivblenden in der Weise anfertigen, dass sich die Belichtungsdauer von einer Blenden-Nummer zur anderen immer verdoppelt, so zwar, dass, wenn man mit voller Oeffnung, beziehungsweise mit dem grössten Diaphragma, 1 exponiren müsste, man mit der nächstgrössten Blende 2, mit der dritten 4, mit der vierten 8 und mit der fünften 16 mal länger belichten muss.

Daraus lässt sich folgern, dass, wenn z. B. bei einem finstern Interieur uns das Photometer, ohne Diaphragma im Objective, eine Belichtungszeit von 6 Minuten anzeigt, wir mit der kleinsten Blende dann 16 mal so lange, also 96 Minuten exponiren müssen. Nach demselben Principe wird man, wenn das Photometer mit dem kleinsten Diaphragma, beispielsweise bei einem sehr hellen Objecte, nur $^4/_{10}$ Secunden zeigt, nach dem Herausnehmen der Blende 16 mal kürzer oder bei Variirung der Diaphragmen die dazwischen liegenden Zahlen zu nehmen haben."

Fig 129.

Aber bei aller Anerkennung des Decoudun'schen Lichtmessers wollen wir auch einen Blick auf dessen Schattenseiten werfen, indem wir vor Allem die Bemerkung machen, dass ja die Augen der Menschen nicht gleich gut sind, daher derjenige, welcher schärfer sieht, etwas länger die Scheibe drehen kann, bis das gänzliche Verschwinden der Lichtpunkte eintritt.

Ein Mann mit schwachem Auge wird also theoretisch mit Decoudun's Photometer seine Platten zu lange exponiren, weil er eine etwas grössere Belichtungszahl abliest als der mit schärferem Auge.

Die rein photometrischen Resultate werden also keine grossen Genauigkeiten besitzen und ausserdem von Beobachter zu Beobachter stark wechseln. Ausserdem ist bemerkenswerth, dass die Scala des Decoudun'schen Expositionsmessers nach Weber[1]) eine Helligkeit 9,48 bis 0,35 besitzt, welcher theoretisch die Expositionszeit verkehrt proportional ist und unter dieser Voraussetzung eine Expositionszeit von 1 bis 27 angeben sollte, während in Decoudun's Tabelle die Expositionszeit unverhältnissmässig vielmehr verlängert wird, nämlich von 1 bis 750, indem er bei schwächerem Licht viel länger belichtet.

C. P. Goerz in Berlin construirte (1888) einen „Expositionsmesser" auf einem ähnlichen Princip wie Decoudun, vereinfachte aber denselben wesentlich. Derselbe besteht aus einer Metallkapsel (Fig. 129), innerhalb welcher sich eine Scheibe dreht; letztere hat am Umfange ein System von Löchern, deren Transparenz verschieden ist[2]).

---

1) Phot. Mitth. Bd 25, S. 37.

2) Eder's Jahrbuch f. Photogr. für 1889. S. 106. — Die an diesem Photometer angebrachten Expositionszeiten sind annähernd verkehrt proportional der Undurchsichtigkeit der transparenten Schicht im Innern.

Man legt beim Gebrauche den Expositionsmesser unter dem schwarzen Tuche auf die Visirscheibe der Camera, so dass der hellste Theil des Bildes, welcher am wichtigsten ist, auf das oberste Feld fällt und dreht nun den Knopf des Zeigers, bis die drei sichtbaren transparenten Punkte verschwinden, weil eine entsprechend undurchsichtige Schicht der Scheibe im Innern durch Drehen hervorgebracht wurde. In diesem Momente wird mit dem Drehen des Knopfes aufgehört und die Stellung des Zeigers gibt die jeweilige relative Belichtungszeit unmittelbar am Zifferblatte des Instrumentes an.

Bei diesem Apparate ist die Handhabung äusserst einfach und die relative Bildhelligkeit auf der Visirscheibe mit annähernder Genauigkeit festzustellen.

Einige mit diesem Expositionsmesser an der k. k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie und Reproductionsverfahren in Wien vorgenommene Proben zeigten, dass das kleine Instrument Anzeigen über Expositionszeiten liefert, welche mit den durch die Praxis ermittelten mit genügender Genauigkeit übereinstimmen, und es ist somit als ein nützlicher Behelf zu bezeichnen.

XVI. Photometrische Prüfung von Linsen auf ihre Lichtkraft.

Claudet überreichte der französischen Academie am 27. Januar 1850 eine Abhandlung über sein „Dynactinometer", welches bestimmt war, die Lichtintensität in der Camera zu vergleichen und dadurch die Möglichkeit bot, die photographische Lichtstärke verschiedener Objective zu erproben. Es bestand im Wesentlichen darin, dass sich eine mit einer Oeffnung versehene, um eine Achse drehbare Scheibe vor einer Daguerreotypplatte von Secunde zu Secunde in der Weise weiter schieben liess, dass Segmente der Platte allmählich 1, 2, 3 etc. Secunden belichtet wurden. Erschien nun z. B. einmal das Segment No. 3, das andere Mal das Segment No. 6 beim Entwickeln, so war das Objectiv, welches das erste Resultat lieferte, doppelt so lichtstark [1]).

An Stelle dieses Apparates kann auch ein in Scheibenform gebrachtes Scalenphotometer oder Sensitometer zu demselben Zwecke dienen. Man bringt die zu vergleichenden Objective an der Camera an, stellt auf einen weit entfernten Punkt ein und befestigt nun an der Stelle der Visirscheibe je ein Photometer, hinter welchem sich empfindliches Papier (Chromatpapier, Chlorsilberpapier etc.) oder photographische Platten von gleichartiger Empfindlichkeit befinden. Die Apparate werden nun gegen den Himmel oder eine gleichmässig erhellte Fläche gerichtet und der nach einer bestimmten Zeit erzielte Effect in Photometergraden abgelesen.

Der Practiker zieht aber seine altgewohnte Prüfungsmethode vor, nach welcher die Helligkeit der Objective aus der wirksamen Linsen- oder Blendenöffnung und der Brennweite berechnet wird und mit den

1) La lumière. 1851. Bd. 1, S. 26. Daselbst Abbildung des Apparates.

Objectiven Porträt-, Landschafts-Aufnahmen etc. gemacht werden und auf die mehr oder weniger gute Ausarbeitung der Schatten ein Schluss auf die Lichtkraft basirt wird.

XVII. Photometer zu meteorologischen Beobachtungen.

T. B. Jordan von Falmouth war der Erste, der 1839 ein Instrument ersann zur Ermittelung der chemischen Intensität des Tageslichtes. Er nannte es Heliograph.

Es wurde von Hunt verbessert, welcher den Apparat Actinograph nannte (1845).

Hunt's Actinograph registrirt die Intensität der chemischen Strahlen zu verschiedenen Tageszeiten. Das Instrument bestand aus einem Cylinder, auf dessen Oberfläche ein mit Silberbromid bereitetes Papier befindlich ist. Diesen Cylinder umgibt ein zweiter, der sich vermittelst eines Uhrwerkes einmal in 24 Stunden um seine Achse dreht. In den äusseren Cylinder ist eine dreieckige Oeffnung gebohrt, welche durch Horizontalstäbchen in 100 Theile getheilt ist, so dass die kleinsten der übrigbleibenden Oeffnungen nur $^1/_{100}$ so gross sind, wie die grössten. Wenn sich der Cylinder dreht, so ist hinter der dreieckigen Oeffnung an den verschiedenen Theilen das Papier offenbar sehr verschiedene Zeiten hindurch der Lichtwirkung ausgesetzt, und je nachdem bei einer kleineren oder grösseren Oeffnung eine Wirkung des Lichtes wahrnehmbar ist, wird man auf eine grössere oder geringere Intensität der chemischen Strahlen schliessen können [1]).

Herschel construirte 1840 ebenfalls ein Actinometer. Er legte photographisches Papier unter eine unbewegliche Scheibe, welche mit einer engen Oeffnung in der Richtung ihres Radius versehen ist, um das von einem Heliostat reflectirte Sonnenlicht hindurchzulassen. Dieses Licht fällt auf das Papier, welches auf einer anderen mittels eines Uhrwerkes sich um ihre Achse drehenden Scheibe befestigt ist. Am Ende des Tages hat jede Stelle des photographischen Papieres diese Oeffnung passirt und durch die hervorgebrachte Wirkung lässt sich die Intensität des Lichtes zu den verschiedenen Stunden des Tages von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang erkennen. — Dadurch wurde die chemische Intensität des directen Sonnenlichtes gemessen. Die Heliostaten und Uhrwerke machten den Apparat complicirt und kostspielig.

Bunsen und Roscoë benutzten sowohl ihr Chlorknallgas- als ihr Pendel-Photometer nur zu meteorologischen, nicht zu photographischen Zwecken und das letztere, sowie darauf basirte einfachere Methoden

1) Inst. No. 607. S. 209. Fortschr. Phys. 1845. S. 297.

mittels Chlorsilberpapier, wurden nach ihnen von Meteorologen mit Vorliebe zur Intensitätsbestimmung des Sonnen- und Himmelslichtes benutzt. (Stelling S. 397; vergl. auch S. 384.)

Marchand benutzte zu seinen Studien über die periodischen Intensitäts-Schwankungen des Lichtes das Eisenoxalat-Photometer (siehe Seite 340 und 372).

Zur Messung der Intensität der ultravioletten Strahlen ist das Photometer des Verfassers construirt (S. 378).

Die genauere Beschreibung dieser Methoden und die Verwerthung der erhaltenen Resultate zur Berechnung der Abhängigkeit der Intensität des Lichtes von der Sonnenhöhe und klimatischen Verhältnissen wurde bereits oben (Capitel VII und IX) gegeben.